



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

Mestrado integrado em Engenharia do Ambiente

Avaliação da eco-eficiência de quatro estações de tratamento de águas residuais da Águas do Minho e Lima, SA

Daniela Sofia da Silva Pereira

Dissertação apresentada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para
obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente

Orientadora: Prof. Belmira A. F. Neto (FEUP)

Co-Orientadora: Dra. Bárbara Cachada Cardoso (Águas do Minho e Lima, SA)

Porto, 14 de Outubro de 2010

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Belmira Neto, pela orientação e ajuda prestada na elaboração desta tese.

À minha co-orientadora Dra. Bárbara Cardoso, pelo excelente acompanhamento nas Águas do Minho e Lima, SA, preocupação e atenção que demonstrou neste período.

À Eng^a. Carla, pela disponibilidade para esclarecer dúvidas relacionadas com a operação das várias estações de tratamento.

À Cátia, ao Hugo, à Joana, ao Joel, pela ajuda na integração na empresa Águas do Minho e Lima, SA e pela boa disposição durante os vários lanches.

Aos meus pais, por tudo o que fizeram para que chegasse até aqui.

Aos meus amigos, pelos conselhos, paciência e companhia que foram muito importantes. Em especial à Susana e ao Sérgio, pelas várias revisões que me ajudaram a realizar nesta tese.

Aos meus colegas de curso, pela entreaajuda, pela animação e por todos os momentos passados ao longo destes anos.

Aos restantes membros da minha família.

A TODOS, o meu mais sincero obrigado!

Resumo

Neste trabalho foi aplicada a metodologia do *World Business Council for Sustainable Development* na avaliação da eco-eficiência de empresas do sector de águas residuais. Para tal foram desenvolvidos um conjunto de indicadores específicos e complementares aos já existentes na empresa Águas do Minho e Lima, SA, passíveis de serem aplicados no sistema de gestão ambiental.

Os rácios de eco-eficiência foram desenvolvidos e aplicados nas estações de tratamento de águas residuais de Viana do Castelo – Cidade e Zona Industrial, Gelfa e Caminha. Foi realizado um levantamento de informação interna para os anos de 2008 e 2009 para cada uma das estações de tratamento de águas residuais.

Os resultados dos rácios de eco-eficiência permitem afirmar que a estação de Viana do Castelo – Cidade (2008) e Gelfa (2009) apresentam um maior número de rácios de eco-eficiência com valor elevado. No entanto, as estações que detêm o maior número de rácios de eco-eficiência de valor reduzido são Caminha (2008) e Viana do Castelo - Cidade (2009). Durante o período em análise, as estações de tratamento de Gelfa e Viana do Castelo – Zona Industrial foram as que apresentaram o melhor desempenho em termos de rácios de eco-eficiência.

Por fim, é apresentado o perfil de eco-eficiência da empresa para o ano de 2009, tendo por base os rácios de eco-eficiência, indicadores influência ambiental e de valor determinados. Ainda, nas conclusões são sugeridas algumas medidas relacionadas principalmente com a redução de consumos, a produção de resíduos e emissões que visam a melhoria da eco-eficiência das estações de tratamento de águas residuais.

Palavras-chave:

Gestão ambiental

Rácios de eco-eficiência

Estações de tratamento de Águas Residuais

Abstract

This work resulted from the application of the methodology advocated by the World Business Council for Sustainable Development for the measurement of eco-efficiency. To achieve this objective it was developed a set of specific indicators of the wastewater sector which can be applied in the environmental management system of the company Águas do Minho e Lima, SA.

The development of eco-efficiency indicators was applied to the treatment plants of Viana do Castelo (Cidade and Zona Industrial), Gelfa and Caminha. We performed a survey of internal information for the year's 2008 e2009 for each of the stations, wastewater treatment.

The results of the eco-efficiency ratios have revealed that the station of Viana do Castelo - Cidade (2008) and Gelfa (2009) present a largest number of eco-efficiency ratios with high value. However, the treatment plant with the largest number of eco-efficiency ratios of value was lower Caminha (2008) and Viana do Castelo - Cidade (2009).

Finally, we present the profile of eco-efficiency of the company for the year 2009, based on ratios of eco-efficiency and indicators environmental influence and value. On the findings suggested some measures, mainly related to reducing consumption, waste production and issues aimed at improving eco-efficiency of the treatment plant wastewater.

Keywords:

Environmental management

Eco-efficiency ratios

Wastewater treatment Wastewater

Índice

Lista de Figuras.....	xi
Lista de tabelas.....	xiii
Lista de abreviaturas	xv
1. Introdução.....	2
1.1 Enquadramento.....	2
1.2 Objectivos.....	3
1.3 Estrutura e organização da dissertação	4
2. Eco-eficiência: Conceito e indicadores.....	7
2.1 Eco - eficiência e a sustentabilidade	7
2.2 A determinação da eco-eficiência	10
2.3 Categorias, aspecto e indicadores de eco-eficiência	12
2.4 A comunicação da eco-eficiência	16
3. Descrição do processo de tratamento de águas residuais e casos de estudo das Águas do Minho e Lima, SA	19
3.1 Apresentação da empresa.....	19
3.2 O processo de tratamento nas Estações de tratamento de águas residuais.....	23
3.2.1 Tecnologias de tratamentos.....	24
3.2.1.1 Fase líquida.....	24
3.2.1.2 Fase sólida	29
3.2.2 ETAR Viana do Castelo - Cidade	32
3.2.3 ETAR de Viana do Castelo - Zona Industrial	35
3.2.4 ETAR de Gelfa	38
3.2.5 ETAR de Caminha	41
3.2.6 Compilação dos processos de tratamento para cada uma das ETAR em estudo e identificação das características do efluente de descarga.....	44
4. Rácios de eco-eficiência	47

4.1	Seleção e quantificação dos indicadores de influência ambiental e de valor para o cálculo dos rácios de eco-eficiência	47
4.2	Avaliação da eco-eficiência e análise de resultados	58
4.3	Definição do perfil de eco-eficiência da empresa	65
5.	Conclusões, recomendações e acções de melhoria.....	67
	Referências bibliográficas	73
	Referências bibliográficas complementares	76
	ANEXO 1 – VALORES USADOS NO CÁLCULO DOS INDICADORES DE INFLUÊNCIA AMBIENTAL (TABELA I) E DE VALOR (TABELA II)	I
	ANEXO 2 – VALORES USADOS NO CÁLCULO DOS INDICADORES AUXILIARES	iii
	Anexo 3- FACTORES DE EMISSÃO DE COMPOSTOS GASOSOS RESULTANTES DA UTILIZAÇÃO DE GASÓLEO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA	iv

Lista de Figuras

Figura 1 - Representação dos indicadores para a sustentabilidade	10
Figura 2 – Representação gráfica do sistema de abastecimento da empresa águas do Minho e Lima, S.A	20
Figura 3 -Representação gráfica do sistema de saneamento da empresa águas do Minho e Lima, S.A	21
Figura 4- Organograma da empresa Águas do Minho e Lima	21
Figura 5- Decantador primário circular	26
Figura 6- Sistema de tratamento biológico por lamas activadas	28
Figura 7– Espessador gravítico	30
Figura 8-Fluxograma da ETAR de Viana do Castelo – Cidade	33
Figura 9 - Vala de oxidação da ETAR de Viana do Castelo – Cidade.	34
Figura 10 - Esquema representativo do processo de tratamento existente na ETAR de Viana do Castelo – Zona industrial	36
Figura 11 - Decantador primário da ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial	37
Figura 12- Esquema representativo do processo de tratamento existente na ETAR de Gelfa ^[25]	39
Figura 13- Bacias de infiltração	40
Figura 14- Esquema representativo do processo de tratamento existente na ETAR de Caminha	41
Figura 15 - Tamisador na ETAR de Caminha	42

Lista de tabelas

Tabela 1-Parâmetros de descarga das ETAR em condições normais.....	44
Tabela 2- Identificação dos processos existentes em cada uma das ETARs em estudo	45
Tabela 3 -Indicadores de influência ambiental	50
Tabela 4 -Indicador de eco-eficiência de valor apresentado em função de um decâmetro cúbico de água residual tratada	56
Tabela 5 - Indicadores auxiliares	57
Tabela 6 - Rácios obtidos dividindo os proveitos operacionais pelos indicadores de influência ambiental	59

Anexos

Tabela I- Informação usada no cálculo dos indicadores de influencia ambiental.....	I
Tabela II- Informação usada no cálculo dos indicadores de valor	ii
Tabela III – Informações usadas na determinação dos indicadores auxiliares	iii
Tabela IV -Factores de emissão do NO _x , SO ₂ , COVNM e CO ₂ para a combustão do gasóleo	iv
Tabela V- Factor de emissão de CO ₂ , resultante da energia eléctrica.....	iv

Lista de abreviaturas

<i>CO₂</i>	Dióxido de Carbono
<i>m³</i>	Metros Cúbicos
<i>BCSD</i>	Business Council for Sustainable Development
<i>CBO₅</i>	Carência Bioquímica de Oxigênio
<i>COVNM</i>	Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos
<i>CQO</i>	Carência Química de Oxigênio
<i>dam³</i>	Decâmetro cúbico
<i>EHS</i>	Environment Health & Safety
<i>EMAS</i>	Sistema Europeu de Eco Gestão e Auditoria
<i>EMS</i>	Environmental Management System
<i>ERSAR</i>	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
<i>GJ</i>	Giga Joules
<i>GRI</i>	Global Reporting Initiatives
<i>ICC</i>	Business Charter for Sustainable Development for International Chamber of Commerce
<i>ISO</i>	Organização Internacional de Normalização
<i>IWA</i>	Internacional Water Association
<i>kg</i>	Quilogramas
<i>NO_x</i>	Óxidos de azoto
<i>OCDE</i>	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
<i>SO₂</i>	Dióxido de enxofre
<i>SST</i>	Sólidos Suspensos Totais
<i>WBCSD</i>	World business Council Sustainable Development
<i>WWTP</i>	Water Waste Treatment Plant
<i>ZI</i>	Zona Industrial

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A degradação do ambiente é motivada por inúmeros factores desde a industrialização ao crescimento demográfico, tornando-se necessário gerir o meio ambiente de forma sustentável, tendo como objectivo a continuação da sobrevivência da espécie humana no planeta Terra ^[1].

Na actualidade somos confrontados com problemas que resultaram de erros cometidos no passado, resultantes da exploração excessiva do planeta pela sociedade. É por essa razão que a gestão do meio ambiente é de extrema importância para a sustentabilidade da Terra. Surgiu então o conceito de desenvolvimento sustentável que visa satisfazer as necessidades da população sem comprometer as gerações futuras. O alcance deste apenas é possível através da interacção entre o ambiente e a sociedade sendo que as organizações apresentam um papel muito activo neste sentido. Estas são obrigadas a desenvolver novas formas de alcançarem desempenho ambiental ciente, controlando os impactes negativos resultantes da actividade. A aplicação de um sistema de gestão ambiental seria uma possível solução para o problema. Um sistema de gestão ambiental auxilia a empresa na avaliação dos impactes ambientais bem como no controlo destes na sua actividade.

A gestão ambiental nas organizações apoia-se em vários instrumentos e métodos, que promovem a melhoria ambiental. São exemplo de ferramentas de gestão ambiental: ecologia industrial, eco-eficiência e eco design ^[2].

A eco-eficiência é um conceito recente e em desenvolvimento em várias áreas. A eco-eficiência tem como objectivo a melhoria continua das organizações ao nível do

desempenho ambiental e económico. A melhoria do desempenho ecológico e económico, por parte das empresas, vai implicar por parte destas o desenvolvimento de novas formas de produção de forma a reduzir os consumos de recursos e a produção de resíduos, e ao mesmo tempo melhoria ao nível financeiro. A avaliação da eco-eficiência realiza-se recorrendo a indicadores de desempenho ambiental e económico.

O *World Business Council Sustainable Development* (WBCSD) identificou um conjunto restrito de indicadores que considera aplicáveis em todas as actividades podendo assim ser aplicados em todos os tipos de negócio e aconselha a consulta da ISO 14031:1999 para escolha de indicadores mais específicos da actividade. Esta norma refere-se à avaliação de desempenho ambiental, padronizando a avaliação e dando informação credível e comparável ^[3].

Ao nível internacional, a *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico* (OCDE) também apresenta um conjunto de indicadores base para avaliação do desempenho ambiental ^[4]. Estes foram concebidos tendo por base a experiência adquirida pelos países que a integram ^[4]. O *Global Reporting Initiatives* (GRI) apresenta as directrizes para a realização de relatórios para a sustentabilidade, onde indica quais os indicadores mais significativos para esta avaliação ^[5]. Esta organização divide por aspectos os indicadores: *geral, transporte, conformidade, produtos e serviços, emissões, efluentes e resíduos, materiais, energia, água e biodiversidade* ^[5].

A IWA – *Internacional Water Association* apresenta um conjunto de indicadores de desempenho dos serviços de águas residuais dividido em 6 dimensões: *ambientais, de recursos humanos, infra-estruturais, operacionais, qualidade do serviço, económico-financeiros* ^[6]. Para garantir a sustentabilidade de um sistema de tratamento de águas residuais, esta associação promoveu a realização de um estudo que apresenta um conjunto de indicadores de desempenho para estes sistemas abrangendo oito dimensões: *qualidade de água tratada, eficiência e fiabilidade, uso de recursos naturais, utilização de água, energia e materiais, gestão de subprodutos, segurança, recursos humanos, apoio ao planeamento e projecto* ^[6].

A *Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos* (ERSAR) obriga as empresas concessionárias a avaliar o seu desempenho através de 20 indicadores divididos em três domínios: *defesa dos interesses dos utilizadores, sustentabilidade da entidade gestora e sustentabilidade ambiental* ^[7].

Em termos de medição de eco-eficiência foi realizado um estudo para estações de tratamento para águas de consumo humano no estado de S. Paulo no Brasil. Neste recorreu-se à norma ISO 14001 para escolher os indicadores mais favoráveis ao caso em estudo ^[8]. Os indicadores encontravam-se agrupados segundo os princípios de eco-eficiência: redução da intensidade dos materiais consumidos para obtenção de bens e serviços, redução de intensidade da energia consumida para a obtenção de bens e serviços, redução de dispersão de substâncias tóxicas, aumento da reciclabilidade dos materiais, maximização do uso sustentável dos recursos renováveis, aumento da durabilidade dos produtos, aumento da intensidade do serviço de bens e serviços ^[8].

Outro estudo teve por objectivo a aplicação dos conceitos de eco-eficiência no sistema de águas residuais da empresa Águas do Ave, SA. A selecção dos indicadores foi realizada recorrendo à ISO14031 e a determinação dos rácios foi realizada segundo a metodologia avançada pelo WBCSD ^[2].

As estações de tratamento como processo industrial que é, interagem com o ambiente e com a sociedade têm a necessidade de realização de um estudo que identifique rácios de eco-eficiência aplicáveis nas ETAR e que permitam comparação do desempenho em termos de eco-eficiência entre várias estações de tratamento de águas residuais.

1.2 Objectivos

Este estudo visa a identificação e quantificação de rácios de eco-eficiência, segundo os princípios descritos pelo *World Business Council for Sustainable Development*, para quatro estações de tratamento de águas residuais. A quantificação dos rácios foi

efectuada para quatro casos de estudo (ETAR Viana do Castelo – Cidade, Viana do Castelo – Zona Industrial, Caminha, Gelfa) e teve como base o levantamento de informação ambiental (indicadores de influência ambiental) e económica (indicadores de valor) relativa aos anos de 2008 e 2009 para as quatro estações.

Os indicadores de influência ambiental e de valor são utilizados no cálculo dos rácios de eco-eficiência. Como resultado é efectuada uma avaliação por comparação entre das estações de tratamento, tendo em consideração a evolução entre 2008 e 2009. Por último, são brevemente identificadas algumas medidas a tomar com vista a melhorar o desempenho ambiental das estações de tratamento.

1.3 Estrutura e organização da dissertação

A tese encontra-se dividida em seis capítulos. No primeiro capítulo é realizado o enquadramento, identificados os objectivos e delineada a estrutura/organização dos diferentes capítulos, da presente tese.

No segundo capítulo desta tese é definido o conceito de eco-eficiência e a sua relação com a sustentabilidade. Noutro ponto deste capítulo, é indicado o modo de cálculo do rácio da eco-eficiência e o modo como a comunicação deve ser efectuada e ainda uma descrição dos elementos a incluir nos relatórios que abordam o perfil de eco-eficiência das empresas.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa Águas do Minho e Lima, SA ao que se segue uma descrição genérica dos processos associados ao tratamento de águas residuais. Em seguida, para cada uma das quatro estações de tratamento em foco neste trabalho, são descritos e caracterizados, em pormenor, os processos de tratamento. Por fim, são compilados e confrontados os processos de tratamento existentes em cada uma das ETAR em estudo e identificadas as características do efluente de descarga.

No quarto capítulo são seleccionados e desenvolvidos os indicadores de influência ambiental e de valor usados no cálculo dos rácios de eco-eficiência, sendo ainda identificados indicadores auxiliares. Estes indicadores, importantes para a avaliação do desempenho ambiental, expressam o número de incumprimentos da licença de descarga, a cobertura de serviço e a remoção de CQO, CBO₅ e SST. Por fim, são calculados os rácios de eco-eficiência. Por fim, é elaborado um documento que propõe um modo de apresentação do perfil de eco-eficiência da empresa para o ano de 2009. Este documento inclui o perfil da empresa, os indicadores de influência ambiental, os rácios de eco-eficiência e a metodologia utilizada no cálculo.

O capítulo cinco inclui as conclusões e lista algumas recomendações para trabalhos futuros. Em seguida identifica algumas medidas de melhoria de eco-eficiência para as estações de tratamento de águas residuais estudadas e, por último, são identificadas as limitações da metodologia.

2. Eco-eficiência: Conceito e indicadores

2.1 Eco - eficiência e a sustentabilidade

O termo eco-eficiência surgiu pela primeira vez no ano de 1990, usado pelos investigadores Schaltegger e Sturm na Cidade de Basileia. No entanto, já em 1975 a empresa 3M iniciou um programa de prevenção e redução de poluição que levou a uma poupança económica ^[1].

O *Business Council for Sustainable Development* (BCSD), posteriormente designado por *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), refere-se ao termo eco-eficiência desde essa altura tem vindo a ser o seu grande impulsionador difundindo o conceito pelo Mundo, como ideia de negócio rumo à sustentabilidade ^[1,2]. Actualmente, o WBCSD é formado por 140 empresas de 30 países cobrindo os 20 maiores sectores industriais ^[3].

Em 1992, realiza-se a conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, onde a eco-eficiência é vista como um factor determinante no alcance do desenvolvimento sustentável por parte das empresas. Este objectivo é atingido quando uma organização provoca impactes ambientais reduzidos, garantindo os bens ou serviços prestados com a máxima qualidade para usufruto dos consumidores ^[2].

O trabalho que tem vindo a ser desenvolvido pelo WBCSD junto das empresas possui os seguintes objectivos ^[1]:

- A obtenção da liderança empresarial em assuntos que se relacionem com o ambiente e o desenvolvimento sustentável;
- O desenvolvimento de políticas que contribuam para o desenvolvimento sustentável, como por exemplo, na produção e consumo sustentados, a usar no tráfego e no ambiente;
- A Identificação e desenvolvimento de melhores práticas demonstrando os avanços na gestão ambiental das empresas e divulgando as melhores práticas ambientais;
- Na Protecção Global visto possuir uma rede global de comunicação divulgando a informação necessária para um desenvolvimento sustentável nas várias nações.

O programa de trabalho do WBCSD baseia-se, principalmente, na interacção entre vários grupos de trabalho em representação das várias organizações para desenvolver políticas e assuntos relacionados com a gestão ambiental. Pode, então, referir-se que a eco-eficiência surge associada ao desenvolvimento da área da gestão ambiental, servindo as empresas como meio de desenvolvimento e implementação de estratégias de negócios para a sustentabilidade ^[1].

São várias as definições deste conceito, o WBCSD refere que: a *eco-eficiência* é alcançada quando as organizações são capazes de responder às necessidades humanas, contribuindo para uma melhor qualidade de vida, com redução dos impactes ambientais, o uso de recurso naturais ao longo do ciclo de vida e que ao mesmo tempo mantenham a oferta de bens e serviços. Neste conceito é importante respeitar a capacidade de regeneração do planeta Terra ^[3].

Uma definição mais genérica e simplista refere a eco-eficiência como a produção de mais e melhor, com menor impacte ambiental. Esta forma de gestão vai exigir por parte das empresas dinamismo, criatividade e inovação para conseguirem descobrir novas formas de actuar e atingir uma melhoria de eficiência, abrangendo todo o ciclo de vida do produto/serviço ^[3].

Esta filosofia apresenta sete princípios, sendo que a redução dos materiais consumidos, energia consumida e dispersão de substâncias tóxicas são os objectivos

mais facilmente atingíveis. Os restantes princípios são complementares, ou seja, vão auxiliar a concretização dos objectivos na empresa ao nível da concepção, produção e marketing ^[1]:

1. Redução da intensidade dos materiais consumidos para obtenção de bens e serviços;
2. Redução de intensidade da energia consumida para a obtenção de bens e serviços;
3. Redução de dispersão de substâncias tóxica;
4. Aumento da reciclabilidade dos materiais;
5. Maximização do uso sustentável dos recursos renováveis;
6. Aumento da durabilidade dos produtos;
7. Aumento da intensidade do serviço de bens e serviços.

Estes sete princípios podem ser agrupados em três grandes categorias, nomeadamente: a ***redução do consumo de recursos, a redução do impacte na natureza e o aumento do valor do produto ou serviço***. A redução do consumo envolve não só a utilização mínima de água, matérias, energia, solo mas também abrange a reciclabilidade e durabilidade do produto. Para a redução do impacte na natureza, as emissões gasosas, as descargas líquidas e os resíduos devem ser minimizadas com a utilização de recursos renováveis. O aumento do valor do produto/serviço vai beneficiar o cliente dando flexibilidade e funcionalidade aos produtos criando serviços adicionais ^[1].

A eco-eficiência é uma ferramenta que relaciona o desempenho ambiental com o económico ^[1]. No entanto, é preciso ressaltar que a sustentabilidade não é atingida automaticamente após a melhoria de eco-eficiência, pois esta apoia-se apenas em dois pilares da sustentabilidade, nomeadamente o económico e o ambiental, deixando de fora o factor social ^[3]. É aqui, que reside o desafio das organizações para que consigam produzir sem aumentar a quantidade de recursos consumidos, os efeitos adversos no ambiente e assegurar a qualidade de vida de quem vai usufruir do bem ou serviço ^[3]. As empresas para atingirem a sustentabilidade vão passar por várias etapas (Figura 1).

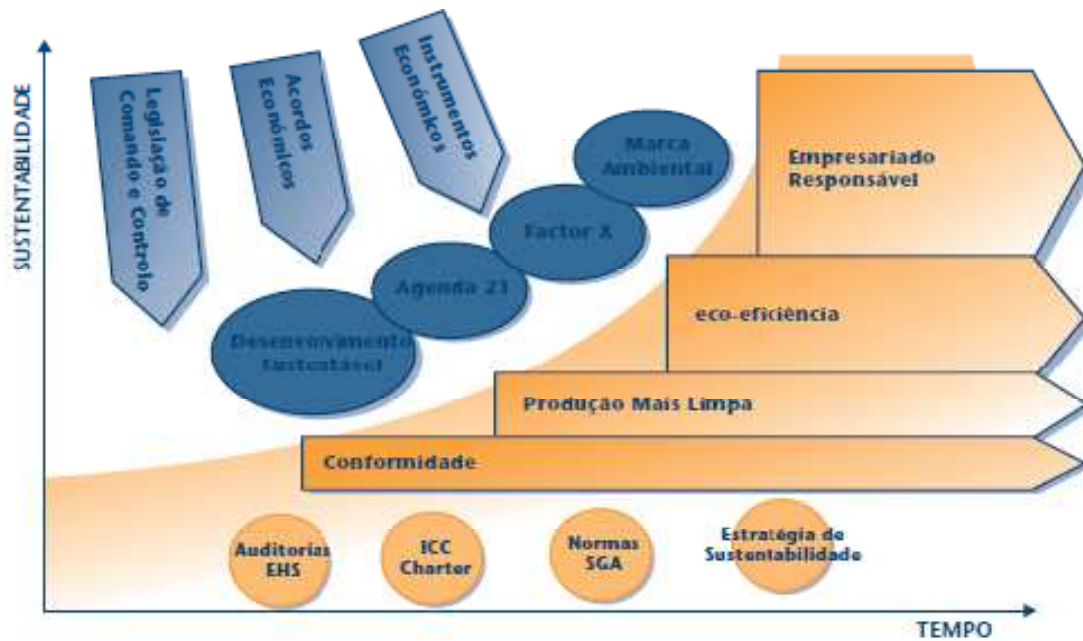


Figura 1 - Representação dos indicadores para a sustentabilidade ^[3] EHS- Environment Health & Safety; ICC- Business Charter for Sustainable Development for International Chamber of Commerce; EMS –Environmental Management System

A evolução no sentido de atingir a sustentabilidade inicia-se com a necessidade de, em primeiro lugar, as organizações estarem em conformidade com o estabelecido na legislação. Apenas quando este objectivo é atingido é que a estas promovem uma produção mais limpa. Segue-se a eco-eficiência, que vai estabelecer e promover a ligação entre os benefícios económicos e as melhorias ambientais. A última etapa no caminho da sustentabilidade é a responsabilidade empresarial. Aqui o sector privado inclui os pilares da sustentabilidade, justiça social, prosperidade económica e balanço ecológico, de modo a prosseguir até atingir a sustentabilidade ^[3].

2.2 A determinação da eco-eficiência

Uma empresa que pretende ser eco-eficiente tem de ter como ponto fundamental o aumento da qualidade de vida dos seus clientes. Ao apresentar um serviço/bem que beneficie as necessidades dos consumidores, apresenta uma avaliação de desempenho e sucesso mais elevadas ^[9].

A aplicação da eco-eficiência só faz sentido quando é considerado todo o ciclo de vida do produto/bem, dando assim às organizações a informação mais relevantes, de modo a poderem tomar decisões sobre o processo de produção e do produto, minimizando o impacto negativo no ambiente e maximizando a eficiência e o valor do produto ^[9].

A determinação da eco-eficiência traz algumas vantagens e desvantagens. As vantagens são, por exemplo, a monitorização das melhorias ao longo do tempo, a possibilidade de comparação, a possibilidade de estabelecer metas, o auxílio na determinação de prioridades, a obtenção de informações úteis para as partes interessadas e accionistas e a possibilidade de realizar estudos de *benchmarking* ambiental. Aqui objectiva-se medir e comparar o processo ou desempenho de uma organização em relação a uma referência, de forma a identificar e promover oportunidades de melhoria ^[9].

Para auxiliar a gestão empresarial de uma organização de qualquer tipo de actividade económica deve-se monitorizar o seu desempenho operacional, económico e ambiental, bem como estabelecer metas e objectivos. Esta monitorização vai facilitar a relação entre o desempenho económico e ambiental ^[1]. O **rácio de eco-eficiência** é dado pela relação entre o valor de um produto ou serviço e a sua influência ambiental (equação 1) ^[10]. No entanto, não existe consenso em relação ao tipo de numerador e denominador a usar no cálculo. Apesar disso, é sugerido adequar os valores a usar ao tipo de actividade, devendo ser definidos parâmetros de acordo com as necessidades reais da empresa ^[1].

$$Eco - eficiência = \frac{Valor de Produto ou serviço}{Influência Ambiental} \text{ (equação 1)}$$

O uso de rácios e indicadores para a medição da eco-eficiência vão ser úteis para comunicar nos relatórios ambientais das empresas ^[3]. No entanto, existem algumas limitações associadas ao uso de rácios de eco-eficiência. Uma das principais prende-se com a sua própria definição, de obter mais a partir de menos. Para se apresentar um resultado fiável é necessário demonstrar como foi obtido, a partir de uma entrada de

recursos e de uma saída de produtos/bens. As saídas são facilmente medidas quando em unidades físicas, mas quando medidas em termos económicos os resultados de eco-eficiência podem ser influenciados pela inflação, alterações de preço, reorganização e aquisições da empresa bem como pela melhoria/regressão ambiental. Uma outra limitação será o facto do resultado evidenciar melhorias gerais em termos de eco-eficiência, contudo pode apenas existir melhores resultados num determinado indicador e noutro apresentar resultados menos favoráveis ^[1].

Realça-se que os indicadores de eco-eficiência não se relacionam directamente com a sustentabilidade. Este facto é visível, no caso de, por exemplo ocorrer um aumento das vendas devido a rápida expansão do mercado, a eco-eficiência quando determinada recorrendo à equação 1, vai provocar um melhor rácio de eco-eficiência. No entanto, a melhoria ocorre ao nível económico e não ao nível ambiental ^[1].

2.3 Categorias, aspecto e indicadores de eco-eficiência

Para a comunicação da eco-eficiência e para harmonização dos indicadores é necessário usar uma terminologia simples, lógica e contínua ^[1]. A WBCSD propõe uma abordagem organizada em três níveis: **categorias, aspectos e indicadores** ^[10].

O WBCSD desenvolveu uma metodologia flexível e geral para aplicação à maioria das organizações, de modo a que a avaliação e comunicação seja facilmente aceite e interpretada ^[10]. Neste trabalho colaboraram várias organizações que apresentam o mesmo objectivo de harmonização dos indicadores de forma que esta seja clara, fácil de aplicar e com resultados credíveis. São várias as instituições que se associaram a este trabalho, nomeadamente: o *International Standards Organizations Draft International Standard on Environmental Performance Evaluation*, através da elaboração de um *draft* para uma norma internacional de avaliação do desempenho ambiental (ISO 14031), a *Coalition for Environmentally Responsible Economies* (CERES),

a *Canadian National Roundtable for Economy and Ecology* (NTRTEE) e *Global Reporting Initiative* (GRI) ^[10].

As **categorias** são as áreas alargadas de influência ambiental ou valor do negócio ^[10]. Por sua vez, cada categoria tem um número de **aspectos** que é informação geral de cada categoria, os **indicadores** são valores/parâmetros específicos de um aspecto individual, que pode ser usado para monitorizar e demonstrar o desempenho eco-eficiente de uma empresa ^[10].

As categorias são áreas de influência no ambiente, saúde e qualidade de vida, ou na actividade da empresa que são quantificáveis e aplicáveis a todas as organizações. As categorias consideradas pelo WBCSD são ^[10]:

- Valor do produto/serviço
- Influência ambiental da criação do produto e serviço/produto
- Influência ambiental da utilização do produto e serviço.

Dentro destas categorias encontram-se áreas de informação específica relacionadas com um tipo de categoria – os aspectos que tem como função descrever o que é medido. O WBCSD tem um conjunto de aspectos propostos, em cada uma das categorias:

- Valor do produto/serviço
 - Volume / Massa
 - Unidades monetárias
 - Função
- Influência ambiental da criação do produto e serviço/produto
 - Consumo de energia
 - Consumo de materiais
 - Consumo de recursos naturais
 - Saídas relacionadas com o produto (resíduos, emissões)
 - Defeitos ou ocorrência indesejáveis.
- Influência ambiental da utilização do produto e serviço
 - Características do produto e serviço;

- Resíduos de embalagem;
- Consumo de energia
- Emissões durante a utilização e deposição final ^[4].

Os indicadores são números, resultados de medições específicas de um aspecto individual, que podem ser usados para monitorizar e demonstrar o desempenho ambiental e económico de uma empresa. Um único aspecto pode ter um conjunto de indicadores ^[10].

- Valor do produto/serviço
 - Unidades vendidas
 - Vendas líquidas (em unidades monetárias)
- Influência ambiental da criação do produto e serviço/produto
 - Massa/quantidade de materiais consumidos
 - Massa/quantidade de SO₂ emitidos
- Influência ambiental da utilização do produto e serviço:
 - Massa/quantidade de resíduos produzidos
 - Quantidade de energia utilizada

Para a medição da eco-eficiência, a WBCSD dividiu os indicadores em duas grandes áreas: ***indicadores aplicáveis na generalidade e os indicadores específicos*** ^[10]. A divisão nestes dois grupos vai auxiliar as empresas a escolherem os indicadores mais aconselháveis para a sua actividade bem como para comunicação da eco-eficiência mais flexível ^[10]. A separação nestes dois grupos permite mais facilmente a identificação de um pequeno grupo de indicadores aplicáveis a todas as empresas e diferenciá-los da diversidade dos outros indicadores específicos ^[10].

Define-se ***indicadores aplicáveis na generalidade*** como aqueles que podem ser utilizados na totalidade das empresas e em todos os sectores de actividade, mesmo possuindo importâncias diferentes de empresa para empresa. No entanto, é importante haver coerência para cada indicador relativamente: à relação com a preocupação ambiental global e/ou na actividade da empresa, à importância para todas as empresas e à aceitação da metodologia utilizada para a sua determinação ^[10].

Os indicadores que não respeitarem os três critérios enquadram-se nos “**indicadores específicos**”, relacionando-se especificamente com a actividade da empresa ^[10]. A determinação, a importância e o significado destes indicadores vão ser distintos e dependentes da empresa em causa ^[10].

Como resultado do estudo desenvolvido pelo WBCSD, este apresenta um conjunto de indicadores considerados os mais adequados a serem desenvolvidos nas empresas. Os indicadores de aplicação geral são os seguintes:

- Indicadores de Valor:
 - Quantidade;
 - Vendas Líquidas;
- Indicadores de influência ambiental:
 - Consumo de energia;
 - Consumo de materiais;
 - Consumo de água;
 - Emissão de substâncias destruidoras da camada de ozono (ODS);
 - Emissões causadoras de efeito de estufa ^[4].

O WBCSD recomenda ainda a utilização da norma ISO 14031, para a selecção de indicadores ambientais ^[10]. Quando se realiza a selecção de indicadores deve ter em consideração as características da empresa, para que sejam consistentes, relevantes ambientalmente, exactos e úteis para o seu caso específico. Os indicadores devem ter um conjunto de princípios que definam a selecção e a utilização dos mesmos. Os princípios defendidos pela WBCSD estão abaixo indicados. Os indicadores devem ^[10]:

- ser relevantes e significativos na protecção do ambiente e da saúde humana e/ou na melhoria da qualidade de vida;
- fornecer informação aos órgãos de decisão, com o objectivo de melhorar o desempenho da organização;
- reconhecer a diversidade inerente a cada negócio para apoiar o benchmarking e monitorizar a evolução;
- ser claramente definidos, mensuráveis, transparentes e verificáveis;
- ser compreensíveis e significativos para as várias “partes interessadas”;

- basear-se numa avaliação geral da actividade da empresa, produtos e serviços, sobretudo concentrando-se naquelas áreas controladas directamente pela gestão;
- tomar em consideração questões relevantes e significativas, relacionadas com as actividades da empresa, a montante (ex. fornecedores) e a jusante (ex. a utilização do produto)^[10].

2.4 A comunicação da eco-eficiência

O WBCSD não recomenda que as empresas elaborem relatórios ambientais em que a informação se encontre desarticulada, mas sim, integrada nos processos globais de tomada de decisão e comunicação. Dentro da empresa essa informação deve ser parte integrante do sistema de gestão^[10].

A comunicação para o exterior pode ser disponibilizada em relatórios de sustentabilidade ou ambientais, sendo estes uns dos elementos integrantes dos pilares da sustentabilidade da organização e pode ser incluída nos relatórios existentes^[10].

A eco-eficiência deve ser comunicada tendo em conta quais são os destinatários e as necessidades, para que a informação apresentada sirva as partes interessadas. Esta informação é importante para um público interno e externo às empresas^[10].

Os destinatários internos da informação são:

- **Gestores:** usam esta informação para fundamentar as decisões, por exemplo: melhoria do processo, produto e definição de novos objectivos;
- **Colaboradores:** são parte interessada em assuntos financeiros, de gestão do processo e de eco-eficiência no que diz respeito à sua própria intervenção, para obtenção de melhorias;
- **Conselhos de administração:** podem incorporar as informações relativas à eco-eficiência e à sustentabilidade para fundamentar as decisões^[10].

Externamente, a informação interessa a:

- **Investigadores, contabilistas, revisores de contas, accionistas e analistas financeiros:** começam a perceber o que influencia o desempenho da eco-eficiência nos assuntos associados à empresa, como o valor financeiro e a qualidade dos investimentos.
- **Instituições bancárias:** procuram integrar a eco-eficiência nas decisões dos empréstimos e também na atribuição de créditos à empresa;
- **Empresas seguradoras:** podem recorrer aos indicadores para identificarem quais os riscos potenciais dos seguros, estabelecer prémios e avaliar as consequências económicas do desempenho ambiental.
- **Entidades internacionais de comunicação:** podem tentar integrar os indicadores de eco-eficiência em normas associadas à gestão;
- **Comunidades locais:** pretendem ter acesso à informação do desempenho das empresas da localidade;
- **Consumidores:** pretendem saber informação sobre o desempenho da eco-eficiência para integrar as suas decisões;
- **Grupos de interesse:** podem estar interessadas que as empresas quantifiquem a eco-eficiência nas comunicações externas, como auxílio para documentação para se atingir a sustentabilidade ^[10].

A apresentação da informação de eco-eficiência num relatório deve ser muito bem documentada e enquadrada, tendo sempre por base a finalidade e as limitações dos indicadores de eco-eficiência. A informação deverá ser fornecida relativamente a questões problemáticas como por exemplo: a exactidão e precisão, grau de agregação, importância ambiental, influência das alterações de mercado, limites de comparações, etc. A justificação de como foram obtidos alguns dados para calcular os indicadores é essencial para que a informação fornecida seja clara e relevante ^[10].

A agregação dos dados é por vezes necessária, mas poderá ocultar informações importantes sobre a eco-eficiência da empresa. Sempre que esta agregação é efectuada é necessário garantir que realizada de forma muito cuidadosa e transparente para que não induza erros a quem tem que os interpretar ^[10].

São propostos cinco elementos fundamentais a incluir nos relatórios sobre eco-eficiência das empresas, sendo estes:

- **Perfil da organização:** é importante para enquadrar os resultados de eco-eficiência. Deve incluir número de funcionários, áreas de actividades, principais produtos e alterações verificadas a nível da estrutura da organização;
- **Perfil económico:** é a parte do relatório que apresenta os indicadores económicos definidos pela metodologia de WBCSD, incluindo informação financeira e quantificações de produções;
- **Perfil ambiental:** inclui os indicadores de aplicação genérica com influência ambiental e indicadores específicos dos negócios relativos à criação e utilização do produto/serviço, relevantes para a empresa.
- **Rácio de eco-eficiência:** as empresas realizam os cálculos de rácios mais importantes para a sua actividade;
- **Informações sobre a metodologia utilizada:** descrição da abordagem usada na escolha dos indicadores, na recolha de dados e das limitações existentes [10].

É sugerido que os relatórios apresentem informações relativas a vários anos, ao ano de referência e objectivos a alcançar, pois o histórico é importante para se conseguir obter as tendências de desempenho ao longo do tempo e dispor de referências de comparação [10].

3. Descrição do processo de tratamento de águas residuais e casos de estudo das Águas do Minho e Lima, SA

3.1 Apresentação da empresa

A empresa Águas do Minho e Lima, SA integra o grupo Águas de Portugal, S.G.P.S, criado pelo decreto-lei n.º158/2000, de 25 de Julho, é responsável pela concepção, construção e exploração dos subsistemas de abastecimento de água e de saneamento na vertente designada por “alta”, por um período de 30 anos, em regime de concessão ^[11].

A Águas do Minho e Lima, SA (AdML) é uma empresa de capitais públicos, na sua maioria, sendo 75% do Grupo Águas de Portugal e os restantes 25% dos municípios da região ^[11].

A sua área de intervenção abrange a região limitada pelas bacias hidrográficas do rio Minho e Lima, onde se localizam os seguintes concelhos: Viana do Castelo, Caminha, Ponte de Lima, Valença, Monção, Vila Nova de Cerveira, Arcos de Valdevez, Melgaço, Ponte da Barca e Paredes de Coura ^[11].

Com foi referido, a empresa tem a seu encargo a exploração e gestão dos sistemas de abastecimento (Figura 2) e de saneamento (Figura 3). O sistema multimunicipal apresenta uma capacidade tratamento de 100 mil m³ de água para consumo humano por dia, e foi projectado para receber e tratar 45mil m³ de efluentes industriais e domésticos. Tem uma capacidade para servir cerca de 300 mil habitantes ^[11].

A empresa é responsável pela exploração de três subsistemas de abastecimento de água: Subsistema de abastecimento de Água de Cavada, Subsistema de abastecimento de Água de Valada e Subsistema de abastecimento de Água ao Vale do Neiva servindo uma população, de 118.464 habitantes no ano de 2009. Com estes, a empresa assegura a satisfação das necessidades de quantidade e qualidade do produto entregue aos clientes. Este sistema é composto por 118 km de condutas adutoras, 34 reservatórios ^[12].

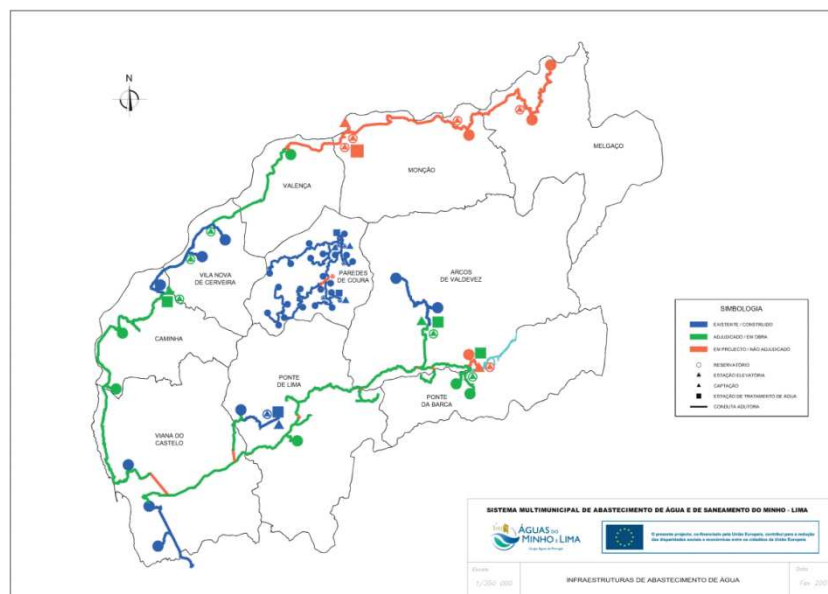


Figura 2 – Representação gráfica do sistema de abastecimento da empresa águas do Minho e Lima, S.A ^[11].

O sistema de saneamento é por sua vez composto pelos subsistemas de saneamento de Caminha, Gelfa, Ponte da Barca, Viana do Castelo – Cidade, Viana do Castelo - Zona industrial, Lanheses/Geraz do Lima, Barroselas, Ponte de Lima, Arcos de Valdevez, Monção, Melgaço, Remoães, Vila Nova de Cerveira, Campos, Barbeita e Ceivães e Valença, com 75 estações elevatórias. Com estes subsistemas pretende-se proteger e promover a saúde pública e ambiental servindo 119.799 alojamentos ^[12].

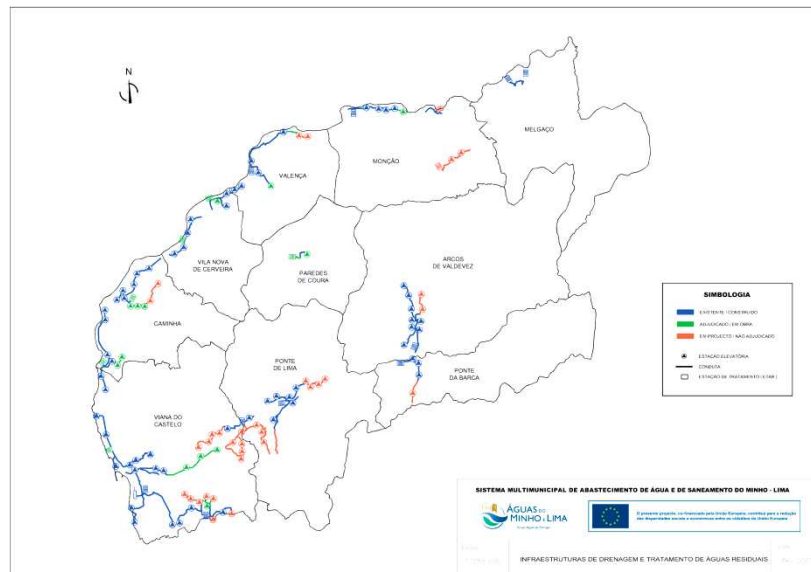


Figura 3 -Representação gráfica do sistema de saneamento da empresa águas do Minho e Lima, S.A ^[11].

A empresa possui a seguinte estrutura organizacional apresentada na Figura 4:

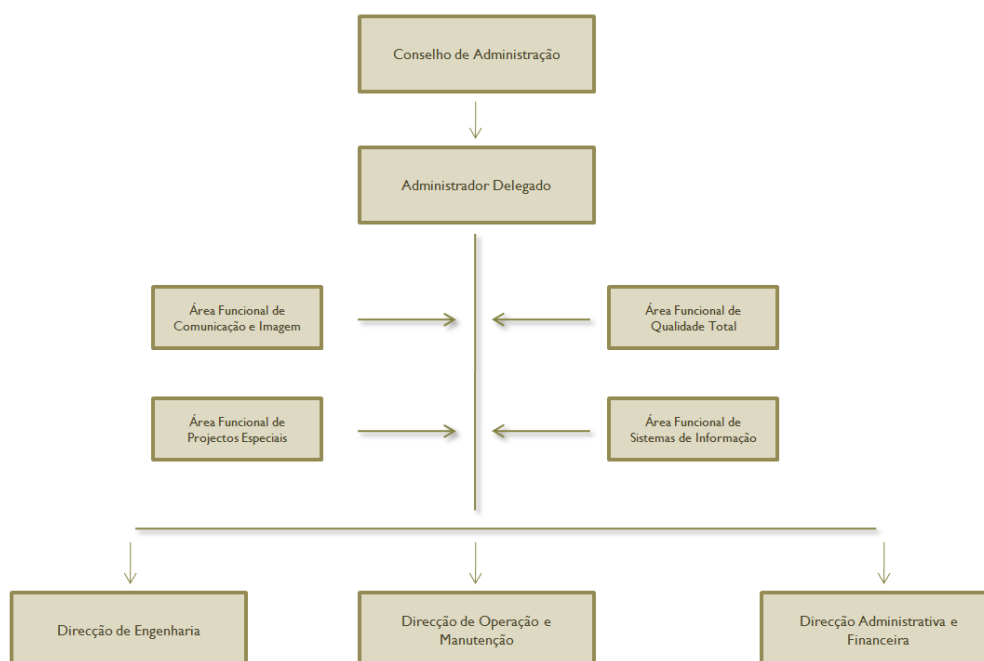


Figura 4- Organograma da empresa Águas do Minho e Lima ^[11].

No ano de 2004 surgiu a necessidade por parte da Águas do Minho e Lima, SA de implementar um sistema de gestão integrado (Qualidade, Ambiente e Segurança), sendo iniciado em Outubro desse ano. Tendo em vista a certificação pelas normas NP EN ISO 9001:2000, NP EN ISO 14001:2004 e NP 4392:2000 ^[13].

Mais recentemente, já em 2005, foi realizado um diagnóstico ao sistema de gestão vigente o que levou à elaboração de um plano de acção para implementação de um novo sistema de acordo com os referenciais mencionados ^[13].

Neste mesmo ano inicia-se o processo de implementação do sistema de gestão de responsabilidade social (SA 8000:2001) e de gestão de recursos humanos (NP 4427:2004) que foi integrado no sistema de gestão da qualidade, ambiente e segurança. Actualmente, o sistema de gestão é designado por Sistema de Responsabilidade Empresarial. Todas as áreas da empresa participam activamente na gestão principalmente na comunicação às partes interessadas ^[13].

Anualmente, é definido um programa estratégico do Sistema de Gestão Ambiental onde se encontram os objectivos para o sistema, tendo de ser aprovados em conselho de administração ^[13].

Em Julho de 2010, a Empresa Águas do Minho e Lima, SA fundiu-se com as empresas Águas do Ave, SA e Águas do Cavado, SA formando a Águas do Noroeste, SA que ficou responsável pelos sistemas pertencentes à antiga empresa.

Em seguida são descritos os processos de tratamento efectuados nos quatro casos de estudo, que serviram de base à identificação e quantificação dos rácios de eco-eficiência. As estações de tratamento em estudo foram a ETAR de Viana do Castelo - Cidade, a ETAR de Viana do Castelo – Zona industrial, a ETAR de Gelfa e a ETAR de Caminha.

A escolha destas estações de tratamento teve por base a semelhança dos processos de tratamento existentes. As estações de tratamento operam de um modo muito semelhante com tratamento secundário por lamas activadas. Um outro motivo de selecção destas estações de tratamento como objecto de estudo foi o facto dos caudais de tratamento nas estações serem diferentes. Existem estações que tratam caudais mais elevados (Viana do Castelo – Cidade e Zona industrial), comparativamente com as estações que tratam caudais reduzidos (Caminha e Gelfa).

3.2 O processo de tratamento nas Estações de tratamento de águas residuais

As águas residuais são uma combinação de líquidos com resíduos sólidos provenientes de várias actividades incluindo as industriais, comerciais, domésticas. Muitas vezes junta-se a estas as águas pluviais, aumentando o caudal ^[14].

Segundo o decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, as águas residuais podem ser classificadas em **águas residuais domésticas**, sendo estas águas residuais de instalações residenciais e serviços, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de actividades domésticas. Classifica também as **águas residuais industriais** como todas as águas provenientes de qualquer tipo de actividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais. Por ultimo, as **águas residuais urbanas** que são águas residuais domésticas ou da mistura destas com águas residuais industriais ou com águas pluviais ^[15].

De modo a obter-se um tratamento adequado e eficaz para as águas residuais é fundamental o conhecimento da natureza das águas, por forma adaptar a estrutura da estação e o tratamento mais aconselhado às características das águas residuais. Para a caracterização das águas residuais afluentes, e para o dimensionamento das estações é essencial o conhecimento do caudal e da carga poluente existente, sendo o parâmetro mais indicado para na medir a poluição - Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅) ^[14].

A qualidade das águas residuais é definida através de parâmetros físicos, químicos e biológicos ^[14].

Cor, odor, temperatura e são exemplo de parâmetros determinados. Os sólidos grosseiros, gorduras, areias são parâmetros físicos relevantes para o tratamento das águas residuais. ^[15].

Os parâmetros químicos avaliados estão associados não só à componente orgânica da água mas também a parâmetros inorgânicos como é o caso do pH, salinidade, metais pesados, nitratos, sulfatos, cloro, etc. Os parâmetros relacionados com a carga

orgânica são: sólidos suspensos totais (SST), carência química de oxigénio e carência bioquímica de oxigénio (CBO₅)^[15].

3.2.1 Tecnologias de tratamentos

O tratamento das águas residuais é realizado com recurso a métodos físicos, químicos e biológicos de forma a remover os poluentes. Consoante as características qualitativas e quantitativas das águas residuais, localização do sistema e os valores limite de emissão dos efluentes pretendidos e em função do meio de rejeição são escolhidos os tratamentos adequados^[16].

O tratamento das águas residuais é dividido em duas partes: a fase sólida e a fase líquida. Esta última fase pode ser subdividida nas seguintes etapas de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento levado a cabo na fase líquida tem por objectivo o cumprir os requisitos da licença de descarga, de modo a ser descarregado no meio receptor. Por sua vez, o tratamento da fase sólida corresponde ao tratamento dos sólidos removidos na fase líquida da água residual. Pode ser necessário adicionar a estas duas fases o tratamento dos odores em resultado da degradação da matéria orgânica que existe nas águas residuais, que é removida no processo^[17].

3.2.1.1 Fase líquida

Tratamento preliminar

Este é um processo físico que visa a remoção dos sólidos grosseiros, areias e gorduras existentes nas águas residuais afluentes. Esta fase de tratamento vai evitar problemas em fases subsequentes: protegendo os equipamentos, a interferência com processos subsequentes, obstruções dos circuitos hidráulicos e a contaminação das lamas aumentando assim a eficiência do tratamento.

O material é retirado à entrada recorrendo a métodos físicos, como grades, tamisadores, chapas perfuradas, etc. Estes apresentam normalmente forma circular ou rectangular. O material recolhido nesta fase é descartado para aterro ou incineração [16].

Normalmente a remoção de sólidos é realizada recorrendo a gradagem (grades) e a tamisação. Estes dois processos complementam-se [16].

A gradagem remove sólidos de grandes dimensões com recurso a grades por onde passa o efluente. A tamisação possui as mesmas funções que a gradagem, no entanto esta remove os sólidos com menores dimensões, apresentando uma eficiência de remoção mais elevada. Tal verifica-se visto a malha ser mais fina retendo aí os sólidos [16].

A remoção de areias é efectuada de várias formas. Normalmente efectua-se num desarenador onde o efluente passa a uma velocidade reduzida, decantando por acção da gravidade permanecendo as areias no fundo, sendo removidas e encaminhadas para aterro [16]. Esta etapa, tem por objectivo proteger equipamentos mecânicos da abrasão e desgaste prematuro, impedir a formação de depósitos nas condutas e canais e melhorar as condições de tratamento da fase sólida. É importante fazer esta remoção principalmente em estações de tratamento onde existam centrífugas, permutadores de calor e bombas de membrana. A remoção de areias pode ser efectuada em desarenadores gravíticos, arejados ou *pista-grift* [18].

Os óleos e as gorduras devem ser retirados logo no início do tratamento evitando também a interferência com fases posteriores do tratamento diminuindo a eficiência dos processos. Para remover as gorduras e os óleos recorrer-se normalmente à injeção de ar na parte inferior do tanque, que vai provocar a acumulação dos óleos e gorduras na superfície [17].

Tratamento primário

Nesta fase, são removidos parte dos sólidos suspensos (cerca de 50%) e matéria orgânica (cerca de 20% de CBO_5) através de processos físicos e químicos. Os processos físicos mais usuais são a decantação e flotação ^[17].

A decantação promove remoção das partículas suspensas que depositam na parte inferior dos tanques (Figura 5) e as escumas que se acumulam na superfície dos decantadores. As lamas recolhidas aqui são encaminhadas para tratamento que se desenvolve numa linha paralela e as escumas devem ser encaminhadas para o concentrador de gorduras colocado na fase preliminar ^[16, 17]. Os decantadores podem ser: circulares, rectangulares, quadrangulares e lamelares ^[18].



Figura 5- Decantador primário circular^[18]

A flotação é uma operação destinada a remover os sólidos com dimensões muito reduzidas. Neste processo injecta-se ar ascendente na parte inferior do tanque fazendo com que os sólidos sejam arrastados, com as bolhas de ar, para a parte superior. Os sólidos recolhidos são adicionados e tratados conjuntamente com as lamas ^[16, 17].

A coagulação/floculação, é um processo físico-químico, que apesar de não ser o mais frequente, também pode ser usada no tratamento primário. Este processo usa um coagulante químico que provoca a agregação das partículas e consequentemente o aumento do seu tamanho ^[17]. Os coagulantes mais usados são os sais de ferro e de alumínio ^[18]. Esta etapa beneficia todo processo de tratamento pois o facto de

aumentar o tamanho das partículas, vai favorecer a sedimentação, promovendo o aumento da eficiência de remoção de CBO_5 ^[16, 17, 18].

Tratamento secundário

Este tratamento secundário tem como função a redução da carga orgânica (COT, CBO_5 e CQO) na forma coloidal, dissolvida ou suspensa que não foi retirada no tratamento primário sendo efectuada por processos biológicos. Em alguns casos, é também efectuada a remoção de nutrientes (essencialmente fósforo e azoto) ^[16, 17].

Os microrganismos quando colocados na presença da água residual vão metabolizar a matéria orgânica da fase líquida incorporando-a na sua biomassa. Estes processos podem ser aeróbios, anaeróbios, anóxicos (sem oxigénio livre mas na forma de compostos azotados) e mistos. É nesta fase onde existe maior diversidade de sistemas podendo ser biomassa fixa, suspensa, híbridos ou sistemas combinados. Nestes processos os microrganismos, principalmente as bactérias, que devido ao seu reduzido tamanho, elevada área superficial e elevadas taxas de crescimento convertem a matéria orgânica coloidal e dissolvida em vários gases, incorporando-os na biomassa que é removida na sedimentação ^[16].

O tratamento por lamas activadas é um processo em contínuo, que contém biomassa (microorganismos) capaz de metabolizar a matéria orgânica ^[16, 17]. Nesta fase procede-se à mistura da água residual proveniente da decantação primária com os microrganismos ^[15, 16]. O meio aeróbio, é mantido muitas vezes por arejamento mecânico, garantindo que o conteúdo do reactor está completamente homogéneo e na presença de oxigénio (Figura 6) ^[16, 17]. Após um período de permanência no reactor (tempo retenção hidráulico), o licor misto é encaminhado para o decantador secundário, onde ocorre a separação das lamas e do efluente líquido que se encontra pronto para a etapa seguinte. Para garantir a concentração de biomassa no reactor procede-se nesta fase de tratamento a uma recirculação de lamas ^[16, 17]. Num sistema de lamas activadas convencionais há uma produção de lamas em excesso que são removidas e encaminhadas para o tratamento da fase sólida. Nos sistemas de lamas

com arejamento prolongado, produzem-se lamas em menor quantidade pois há maior degradação da matéria orgânica ^[17]. As estações de tratamento de águas residuais de biomassa suspensa podem apresentar várias configurações incluindo os tanques de arejamento convencionais, valas de oxidação e, *Sequencing Batch Reactor* (SBR) ^[17].



Figura 6- Sistema de tratamento biológico por lamas activadas ^[17].

Os tanques de arejamento podem ter várias configurações de mistura de ar, como por exemplo, *fluxo pistão*, *mistura integral* e *alimentação repartida*. O tipo de mistura de ar é normalmente o fluxo-pistão, que consiste na chegada simultânea dos esgotos e das lamas recirculadas na entrada do tanque. A mistura integral apresenta uma distribuição uniforme das lamas recirculadas na totalidade do tanque. Teoricamente, a carga mássica é a mesma em todo o tanque. O sistema de alimentação repartida caracteriza-se por uma repartição dos esgotos sobre toda a extensão do tanque de arejamento, enquanto as lamas recirculadas são introduzidas na entrada.

Tratamento terciário

Esta fase do tratamento complementa o anterior. Este tratamento surge pela exigência de cumprir critérios sobre a qualidade do meio receptor e pelos usos do mesmo ^[17]. Nesta etapa são eliminados determinados poluentes que não foram removidos anteriormente como, por exemplo, as partículas dificilmente decantáveis, microrganismos patogénicos, azoto e o fósforo ^[17].

A desinfecção tem como objectivo a destruição/inactivação parcial dos microrganismos patogénicos e pode ser realizada por adição de agentes químicos (ozono, cloro) e físicos, nomeadamente radiação ultravioleta ^[16, 17]. Antes da desinfecção por radiação ultravioleta é geralmente necessário realizar uma filtração, de forma a remover as partículas em suspensão não removidas nos tratamentos anteriores e que influenciam a eficiência da desinfecção ^[17, 18].

Existem, no entanto, outros tipos de tratamentos para remoção de poluentes específicos que podem ser realizados através de operações físicas e/ou químicas, que incluem nomeadamente a coagulação, floculação e decantação, adsorção com carvão activado, troca iónica e osmose inversa ^[17].

3.2.1.2 Fase sólida

O tratamento das lamas geradas nas estações de tratamento de águas residuais, quer resultantes do processo primário, quer secundário, é efectuado pelos seguintes processos: *espessamento, digestão e desidratação* ^[17].

A redução de volume das lamas é uma das principais preocupações, pois assim as dimensões dos órgãos vão diminuir e por consequência também os custos de construção ^[16]. O facto de os órgãos serem de dimensões inferiores permite ainda uma melhor homogeneização das lamas optimizando assim os processos biológicos na digestão e de desidratação ^[16, 17].

O espessamento de lamas visa a redução do volume das lamas, que pode ser efectuado por processos gravíticos, por flotação com ar difuso e espessamento mecânico (recurso a equipamentos electromecânicos) (Figura 7) ^[16, 17]. A água removida das lamas é encaminhada para o início do tratamento da fase líquida ^[16, 17].



Figura 7– Espessador gravítico ^[17].

A estabilização das lamas ocorre de forma a evitar, reduzir e eliminar o potencial de putrefacção, remoção de microrganismos patogénicos e odores. Esta pode ser realizada através de alguns processos como a digestão anaeróbia, digestão aeróbia, esterilização química por adição de cal, esterilização térmica e compostagem ^[16, 17].

Na digestão anaeróbia ocorre a mineralização biológica da matéria orgânica, na ausência de oxigénio. Uma das suas principais características é a produção do biogás (principalmente metano) que permite a geração de energia térmica e eléctrica, para uso interno e venda à rede de distribuição ^[17].

A digestão anaeróbia pode ser dividida em duas etapas: conversão de compostos orgânicos complexos, tais como hidratos de carbono, proteínas ou gorduras, em ácidos orgânicos, principalmente em ácido acético e hidrogénio e, a conversão do ácido acético e do hidrogénio em metano e dióxido de carbono ^[19]. Estas duas etapas englobam quatro fases. Na primeira fase ocorre a hidrólise onde se processa a desintegração do material orgânico complexo que se encontra no estado sólido (o qual é rico em hidrocarbonetos, proteínas e gorduras) pela acção de enzimas bacterianas que os transformam em açúcares simples, aminoácidos e ácidos gordos na forma líquida. Esta etapa ocorre a velocidade reduzida quando a temperatura é inferior a 20 °C ^[16, 19].

Os produtos solúveis da hidrólise são absorvidos e utilizados pelos microrganismos fermentativos no seu catabolismo, donde resulta a excreção de ácidos orgânicos, álcoois, ácidos lácticos e compostos inorgânicos, tais como dióxido de carbono, hidrogénio, amónia e sulfureto de hidrogénio – acidogénese ^[16, 19].

A fase seguinte é designada por acetogénese, resume-se à conversão de ácidos orgânicos voláteis a ácido acético, dióxido de carbono e hidrogénio pela acção de algumas bactérias fermentativas ^[16, 19].

A última fase completa-se quando as metanobactérias convertem o hidrogénio e o ácido acético em metano e em dióxido de carbono ^[16, 19].

O biogás é composto por metano (50-75%), dióxido de carbono (25-50%), azoto (0-10%), hidrogénio (0-1%), ácido sulfídrico (0-3%) e vestígios de oxigénio ^[16, 19].

Na estabilização das lamas por digestão aeróbia ocorre também a mineralização da matéria orgânica, mas na presença de oxigénio ^[17]. Desta resulta dióxido de carbono e as lamas estabilizadas ^[17]. O dióxido de carbono não pode ser valorizado, sendo uma desvantagem comparativamente com a digestão anaeróbia ^[17].

A esterilização química recorre à cal viva que, embora não vá reduzir a quantidade de matéria orgânica, vai provocar a estabilização /desinfecção dos microrganismos presentes ^[17]. Esta é realizada através da elevação do pH (aproximadamente 12), com

utilização de cal hidratada, e quando usada cal viva com a conjugação do aumento da temperatura^[17].

A esterilização térmica consiste em diminuir o teor de humidade das lamas por adição de calor, conseguindo-se assim um produto quase sólido com valores de matéria seca de 75 a 95%. Com estas reduções permite estabilizar, higienizar e facilitar a sua valorização orgânica ou incineração, diminuindo os custos associados^[17].

Por último, a compostagem de lamas é um processo de degradação biológica aeróbia de resíduos produzindo composto utilizável como correctivo de solos^[17].

Nas secções seguintes são apresentados os processos existentes em cada uma das estações de tratamento avaliadas neste trabalho.

3.2.2 ETAR Viana do Castelo - Cidade

A estação de tratamento de água residuais serve uma população 45.257 habitantes equivalentes, situa-se na freguesia de Areosa, concelho de Viana do Castelo, esta possui uma capacidade máxima de tratamento de 8.580 m³/d^[20]. As águas residuais de origem urbana, provenientes do município de Viana do Castelo, sofrem um tratamento por lamas activadas em arejamento convencional, com uma etapa final de desinfecção por radiação ultravioleta, sendo posteriormente descarregado no Oceano Atlântico^[19].

Na Figura 8, encontra-se o fluxograma do tratamento existente na ETAR de Viana do Castelo - Cidade.

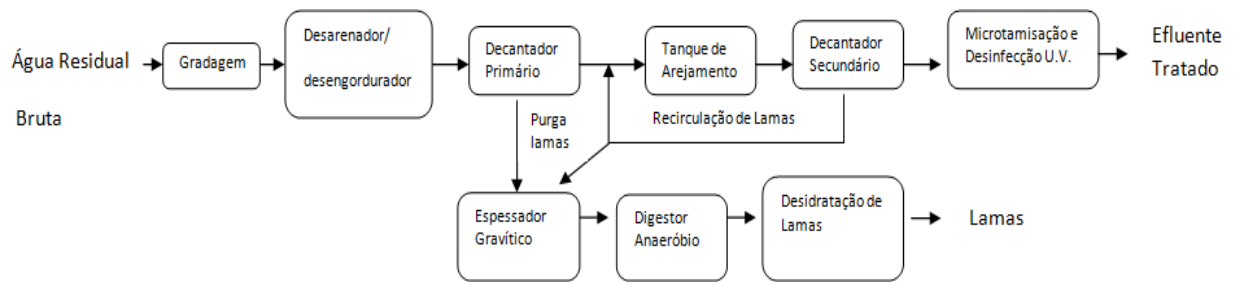


Figura 8-Fluxograma da ETAR de Viana do Castelo – Cidade ^[21].

O tratamento inicia-se com a chegada à obra de entrada constituída por gradagem grosseira e sistema de bombagem para alimentação gradual à linha líquida. Nesta fase são removidos os sólidos de grandes dimensões.

Em seguida, o afluente sofre um tratamento físico mais selectivo na obra de entrada que inclui um tamisador, desarenador e desengordurador. O tratamento físico de crivagem fina em canal é realizado no tamisador, sendo removidos os materiais sólidos de dimensões mais reduzidas. No caso de ocorrerem problemas associados aos tamisadores existe a possibilidade de realizar um *by-pass* para se proceder a uma gradagem manual não perturbando o tratamento. Na fase seguinte são retiradas as areias, nos desarenadores do tipo pista com *air-lift*. As gorduras são retiradas posteriormente através de um desengordurador provido de arejamento para promover a flotação dos óleos e gorduras ^[21].

No final desta etapa encontra-se o canal de Parshall (canal rectangular) onde é medido o caudal do efluente para tratamento primário. O efluente é encaminhado para os decantadores primários (de forma circular e dispostos em paralelo), que estão equipados com pontes raspadoras radiais de accionamento periférico. Aqui são separados todos os materiais decantáveis, isto é, o material é separado consoante as suas densidades ^[21].

O tratamento biológico realiza-se em duas valas de oxidação iguais e paralelas, em regime de média carga, com arejamento por arejadores de superfície do tipo rotor de eixo horizontal ^[21]. As águas residuais são misturadas com a biomassa em suspensão,

desenvolvendo-se na presença de oxigénio um processo de oxidação da matéria orgânica ^[21].



Figura 9 - Vala de oxidação da ETAR de Viana do Castelo – Cidade.

Após o tempo de retenção hidráulica, o licor misto é conduzido para os decantadores secundários onde ocorre a separação da matéria líquida da sólida. Estes são decantadores secundários circulares paralelos com raspador de fundo para lamas e superficial para sobrenadantes e escumas. A manutenção de uma concentração adequada de biomassa activa nas valas de oxidação que permita a degradação aeróbia das águas residuais afluentes é assegurada pela recirculação das lamas acumuladas nos decantadores secundários. Quando são produzidas lamas em excesso, parte destas são recirculadas para o tanque de arejamento e as restantes são encaminhadas para o tratamento de lamas ^[21].

Após tratamento secundário as águas residuais sofrem tamisagem e depois desinfecção por radiação ultravioleta (apenas em época balnear) sendo posteriormente descarregadas para o oceano Atlântico. É realizado apenas em época balnear para eliminar microrganismos patogénicos que possam existir e não prejudicar a qualidade as águas balneares ^[21].

Em paralelo, ocorre o tratamento da linha sólida (lamas) que compreende o espessamento, digestão anaeróbia a quente e a desidratação mecânica por centrífuga.

As lamas mistas acumuladas nos decantadores primários e secundários são encaminhadas para o espessador gravítico, de modo a reduzir o volume que estas possuem. Após esta etapa, as lamas vão sofrer digestão anaeróbia. Os digestores encontram-se a uma temperatura de 30 a 35°C ^[21]. Há, então, aquecimento contínuo das lamas através de água quente ^[21]. Este aquecimento é feito através de permutadores de calor com auxílio dos grupos electrobomba. No final da digestão anaeróbia resultam lamas mineralizadas, águas, biogás (metano) e outros gases ^[21].

A redução do teor de humidade das lamas realiza-se em centrífugas que possuem um sistema de doseamento de polielectrólito. Após esta fase as lamas são encaminhadas para os silos de lamas e posteriores leitos de secagem ^[21].

O biogás produzido pelo digestor é usado no processo de aquecimento das lamas, sendo o excesso queimado numa tocha ^[21].

3.2.3 ETAR de Viana do Castelo - Zona Industrial

A ETAR de Viana do Castelo - ZI, situada na freguesia de Vila Nova de Anha, concelho de Viana do Castelo, 49.703 habitantes equivalentes, possuindo uma capacidade máxima de tratamento de 7.848 m³/d. As águas residuais de origem urbana no seu tratamento passam por tratamento preliminar, primário e secundário ^[22].

A Figura 10 apresenta o esquema de tratamento existente na ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial.

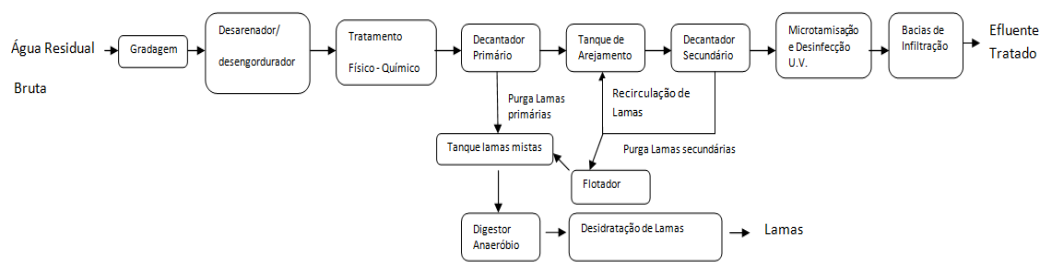


Figura 10 - Esquema representativo do processo de tratamento existente na ETAR de Viana do Castelo – Zona industrial ^[23].

O processo de tratamento da ETAR recorre a lamas activadas em arejamento convencional, com uma etapa de desinfecção por radiação ultravioleta e uma etapa de afinação final em bacias de infiltração ^[22].

Seguidamente, é feita uma descrição sumária das linhas líquida e sólida da ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial ^[23].

As águas residuais provenientes dos vários sistemas elevatórios são recepcionadas na obra de entrada constituída por gradagem grosseira e um sistema de bombagem para alimentação gradual à linha líquida. É nesta etapa que se procede à remoção do material mais grosseiro e alimentação da linha de tratamento. Posteriormente, o efluente é encaminhado para o tamisador que integra no seu eixo central, um sem-fim transportador onde é realizada uma crivagem fina em canal. Caso seja necessário a gradagem pode ser feita manualmente instalando uma grade manual ^[23].

De seguida o efluente passa pelo desarenador/desengordurador em dois órgãos hidráulicos paralelos e iguais entre si, com desenvolvimento longitudinal, providos de arejamento para promover a flotação dos óleos e gorduras ^[23]. Nesta etapa é removida a areia, óleos e gorduras.

Após tratamento preliminar, segue-se um tratamento físico-químico constituído por um sistema de coagulação/floculação por adição de cloreto férrico. Actualmente, encontra-se fora de serviço ^[22].

É aqui, nos decantadores primários circulares (Figura 11), equipados com pontes raspadoras radiais de accionamento periférico, dispostos em paralelo e a partir dos quais se iniciam as duas linhas paralelas de depuração da fase líquida, que vão ser removidos os flocos formados anteriormente ^[23].



Figura 11 - Decantador primário da ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial

O tratamento biológico é a fase seguinte, este realiza-se numa valas de oxidação e, em regime de média carga, com arejamento através de arejadores de superfície do tipo rotor de eixo horizontal, ajustáveis em altura para permitir alterar o consumo energético de acordo com as necessidades ^[23].

Nos decantadores secundários circulares paralelos, com raspador de fundo para lamas e superficial para sobrenadantes e escumas são separadas as duas fases existentes no efluente ^[22]. A porção líquida passa para a tamisagem de efluente, seguida de desinfecção por radiação ultravioleta ^[23].

Antes de ser descarregado para a ribeira de Anha, o efluente passa por uma etapa de afinação final em bacias de infiltração ^[23], permitindo reduzir ainda mais a carga orgânica do efluente tratado.

As lamas biológicas em excesso são encaminhadas para um flotador do tipo rectangular, provido de lamelas, com flotação através de ar dissolvido num saturador

inserido no circuito de recirculação ^[23]. As lamas tratadas no flotador e as lamas primárias são encaminhadas para o digestor anaeróbio a frio. Nesta etapa a carga orgânica é diminuída. Após esta fase as lamas vão sofrer desidratação em centrífuga, equipada com sistema de doseamento de polielectrólito, bombas de alimentação de lamas e de polielectrólito, parafuso de extracção e quadro eléctrico de controlo ^[23]. Nesta etapa de tratamento procede-se a remoção de água em excesso, aumentando assim a percentagem de sólidos ^[23].

Na fase final do tratamento, as lamas sofrem um processo de estabilização química através da de adição de cal às lamas e posterior armazenamento das lamas desidratadas em silo ^[23].

3.2.4 ETAR de Gelfa

A ETAR de Gelfa, situada na freguesia Âncora, concelho de Caminha, serve uma população de 27.025 habitantes equivalentes, possuindo uma capacidade máxima de 5.700 m³/d ^[24]. As águas residuais de origem urbana no seu tratamento passam por tratamento preliminar, secundário e terciário com afinação em bacias. O processo de tratamento é de lamas activadas em regime de média carga durante a época alta (Verão) e de baixa carga durante o resto do ano, possuindo uma etapa de afinação final em bacias de infiltração ^[25].

A Figura 12 apresenta o esquema do tratamento existente na estação de tratamento de águas residuais de Gelfa.

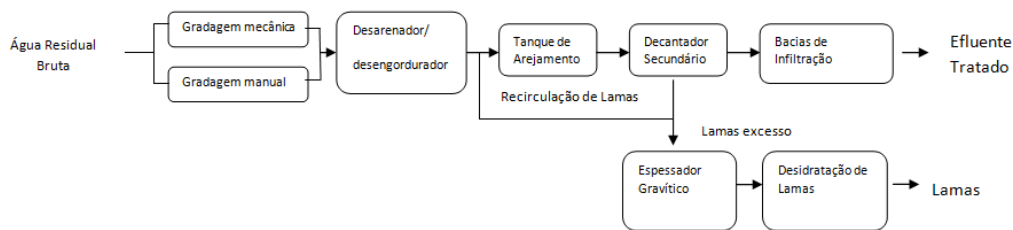


Figura 12- Esquema representativo do processo de tratamento existente na ETAR de Gelfa^[25].

O tratamento inicia-se com a chegada do efluente à obra de entrada constituída por uma gradagem grosseira e um sistema de alimentação gradual à linha líquida efectuado por bombas^[25]. Nesta fase, o afluente é submetido a um tratamento físico no qual são retirados todos os resíduos sólidos de grandes dimensões. No tamisador que integra no seu eixo central um sem-fim transportador realiza uma crivagem fina onde é retirado o material de dimensões menores. Em caso de necessidade pode realizar-se um “by- pass” para a realização de gradagem manual^[25].

Quando a afluência é anormal, por exemplo chuvas intensas, a estação de tratamento é provida de uma bacia de tempestade, que permite receber esse caudal e posteriormente tratar incorporando-o na obra de entrada^[25].

De seguida, as águas em tratamento passam para um desarenador/desengordurador com desenvolvimento longitudinal, munido de arejamento para promover a flotação dos óleos e gorduras. No final deste processo encontra-se um medidor de caudal através de um canal de Parshall (canal rectangular)^[25].

Concluído o tratamento preliminar, o efluente é conduzido para o tanque de arejamento composto por dois arejadores de superfície verticais, com possibilidade de controlo automático dos níveis de oxigénio dissolvido através de sondas do tipo potencial – redox e/ou por temporização. Nesta etapa, a mistura de águas residuais e lamas activadas são encaminhadas para um decantador secundário, onde se procede à separação física dos sólidos e dos líquidos. Este possui uma forma cilíndrica e é

constituído por um dispositivo de remoção de lamas (raspador de fundo para lamas e superficial para sobrenadantes e escumas). Nesta etapa ocorre a separação dos vários materiais, através das diferenças de gravidade. As lamas do decantador secundário são encaminhadas parte para o tanque de arejamento e outra parte para o tratamento final das lamas ^[25].

Após o tratamento secundário as águas residuais sofrem uma etapa de afinação realizada em bacias de infiltração (Figura 13). Este último processo permite a redução de CQO, CBO₅, de forma à descarga para o rio Âncora seja compatível com a sua necessidade ^[25].



Figura 13- Bacias de infiltração

O tratamento das lamas está dividido em espessamento e desidratação. Na primeira fase, as lamas biológicas em excesso são encaminhadas para os espessadores gravíticos tendo como objectivo a redução do volume das lamas ^[25]. Este consegue-se com a redução do volume de água intersticial ^[25]. Segue-se a desidratação que é conseguida através da adição de polielectrólito, que favorece a formação de flocos e uma melhor separação dos sólidos da água e sendo realizada por centrífuga com sistema de doseamento de polielectrólito. Antes do armazenamento das lamas

desidratadas, existe uma etapa de estabilização química através da adição de aal (calagem das lamas). Após isto são armazenadas em silo ^[25].

3.2.5 ETAR de Caminha

A estação de tratamento de águas residuais de Caminha, situada na freguesia de Vilarelho, concelho de Caminha, serve uma população de 17.205 habitantes equivalentes ^[26]. O tratamento das águas residuais efectuado é por lamas activadas de média carga durante a época alta (Verão) e de baixa carga durante o resto do ano, possuindo uma etapa final de desinfecção por radiação ultravioleta rejeitando posteriormente ao meio receptor – Rio Coura ^[26].

A Figura 14 apresenta o esquema do tratamento existente na ETAR de Caminha.

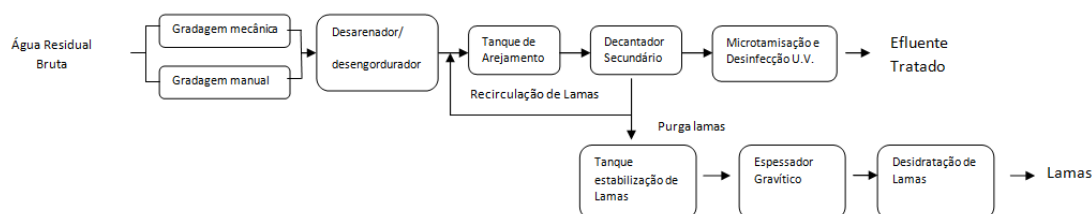


Figura 14- Esquema representativo do processo de tratamento existente na ETAR de Caminha ^[27].

O tratamento inicia-se com a chegada à obra de entrada, constituída por uma gradagem grosseira e um sistema de alimentação gradual à linha líquida efectuado por bombas ^[27]. Nesta fase, o afluente é submetido a um tratamento físico, no qual são

retirados todos os resíduos sólidos de grandes dimensões. No tamisador (Figura 15) que possui eixo sem-fim transportador realiza uma crivagem fina^[27].

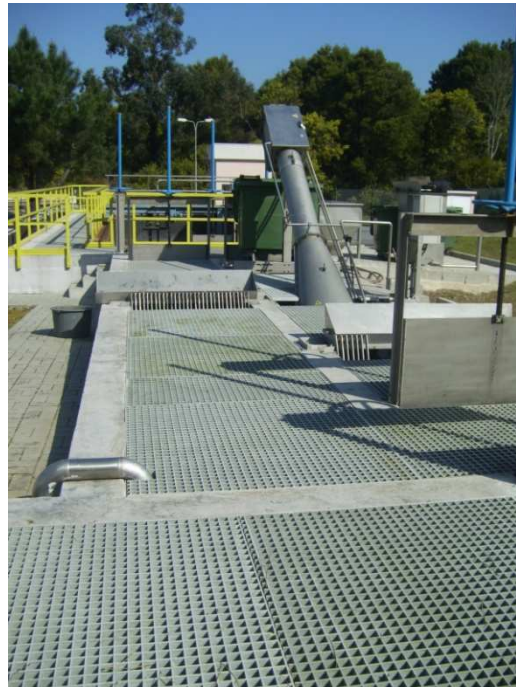


Figura 15 - Tamisador na ETAR de Caminha

De seguida, as águas em tratamento passam para um desarenador/desengordurador com desenvolvimento longitudinal, munido de arejamento para promover a flotação dos óleos e gorduras. No final deste processo encontra-se um medidor de caudal através de um o canal de Parshall (canal rectangular)^[27].

Em situações adversas, quando o caudal de efluente é excessivo, devido por exemplo a chuvas intensas, este é encaminhado para bacias de tempestade para a recepção, armazenamento e posterior processamento de águas residuais^[27].

Concluído o tratamento preliminar, o efluente é conduzido para o tanque de arejamento. Neste ocorre uma mistura com as lamas activadas, ocorrendo a oxidação da matéria orgânica através de processos aeróbios, uma vez que o tratamento efectuado é biológico por lamas activadas é em regime de média carga durante a época alta (Verão) e de baixa carga durante o resto do ano^[27].

Na etapa seguinte a mistura de águas residuais e lamas activadas são encaminhadas para um decantador secundário, onde se procede a separação física dos sólidos e dos líquidos ^[27]. Este possui uma forma cilíndrica, e é constituído por um dispositivo de remoção de lamas (raspador de fundo para lamas e superficial para sobrenadantes e escumas) ^[27]. Nesta etapa ocorre a separação dos vários materiais, através das diferenças de gravidade ^[27]. As lamas do decantador secundário e parte das lamas do tanque de arejamento vão para o tratamento final das lamas ^[27].

Após tratamento secundário segue-se a desinfecção por ultra-violeta, apenas em época balnear, com uma microtamisagem a montante ^[27]. As águas residuais tratadas rejeitadas no rio Coura ^[26].

O tratamento das lamas é dividido em três etapas: espessamento gravítico e desidratação das lamas ^[27].

As lamas em excesso retiradas do tratamento biológico são tratadas em espessadores gravíticos, seguido de desidratação. Após a desidratação das lamas, existe a possibilidade de calagem para a estabilização e posterior armazenagem em silo ^[27].

A estação de tratamento possui ainda um tanque de estabilização onde é realizada uma digestão aeróbia das gorduras provenientes de várias ETAR.

3.2.6 Compilação dos processos de tratamento para cada uma das ETAR em estudo e identificação das características do efluente de descarga

No final do tratamento o efluente deve apresentar algumas características, quando em condições normais de funcionamento, de modo a cumprir as várias licenças de descarga emitidas. (Tabela 1)

Tabela 1-Parâmetros de descarga das ETAR em condições normais ^[20,22,24,26]

<i>Parâmetros</i>	<i>Caminha</i>	<i>Gelfa</i>	<i>Viana do Castelo - ZI</i>	<i>Viana do Castelo-Cidade</i>
Caudal (m ³ /mês)	100.000	171.000	235.500	257.400
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
Carência bioquímica de oxigénio (CBO ₅) sem nitrificação (mg /L O ₂)	25	25	25	25
Carência química de oxigénio (CQO) mg /L O ₂	125	125	125	125
Sólidos suspensos totais (SST) mg/L	35	35	35	35

Os processos de tratamento existentes nas várias estações em estudo diferem (tal como apresentado na Tabela 2). As estações de tratamento de Viana do Castelo (Cidade e Zona industrial) apresentam um maior número de processos de tratamento, enquanto que a estação de Gelfa apresenta menor número de operações. A estação de Gelfa, Caminha não possui o tratamento físico-químico e decantador primário, pois funciona a média carga ou baixa carga consoante a época do ano. Todas as estações de tratamento apresentam desarenador e desengordurador, decantador secundário, classificador de areias e escumador/concentrador de areias. O tratamento secundário em Viana do Castelo – Cidade e Zona industrial é efectuado em valas de oxidação e na estação de Gelfa e Caminha em reactores de mistura completa. A estação de tratamento de Caminha e Gelfa não possui tratamento primário, este não é necessário tendo em consideração o tipo de efluente que chega a estação de tratamento.

Tabela 2- Identificação dos processos existentes em cada uma das ETARs em estudo

Tipo de tratamento		Viana do Castelo - Cidade	Viana do Castelo - ZI	Gelfa	Caminha	
Tratamento da fase líquida	Preliminar	Fossas sépticas com gradagem grosseira	X	n.e	n.e	X
		Gradagem mecânica tamisador	X	X	X	X
		Gradagem manual by pass ao tamisador	X	n.e	X	X
		Desarenador	X	X	X	X
		Desengordurador	X	X	X	X
	Primário	Tratamento físico-químico	n.e	X	n.e	n.e
		Decantador primário	X	X	n.e	n.e
	Secundário	Reactores de mistura completa	n.e	n.e	X	X
		Valas de oxidação	x	X	n.e	n.e
		Decantador secundário	X	X	X	X
	Terciário/ afinação	Microtamisação	X	X	n.e	X
		Desinfecção por UV	X	X	n.e	X
		Bacias de infiltração	n.e	X	X	n.e
Tratamento fase sólida	Tratamento de lamas	Classificador de areias	X	X	X	X
		Escumador/Concentrador de Gorduras	X	X	X	X
		Espessador gravítico	X	n.e	X	X
		Espessador com flotação	n.e	X	n.e	n.e
		Digestor anaeróbico a quente	X	n.e	n.e	n.e
		Digestor anaeróbico a frio	n.e	X	n.e	n.e
		Digestor aeróbio	n.e	n.e	X	n.e
		Desidratação de lamas - centrifuga	X	X	X	X
		Calagem de lamas	n.e	X	X	X
		Silo de lamas	X	X	X	X

4. Rácios de eco-eficiência

4.1 Selecção e quantificação dos indicadores de influência ambiental e de valor para o cálculo dos rácios de eco-eficiência

Os indicadores de influência ambiental e de valor são, respectivamente, usados como denominador e numerador do cálculo do rácio da eco-eficiência. Na selecção do tipo de indicadores de influência ambiental e de valor foi tido em consideração o facto de a empresa ter de reportar o desempenho para várias entidades nomeadamente a *Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR)*, *Águas de Portugal, S.G.P.S (AdP)* e a *Associação Portuguesa de Distribuidores de Drenagem de Águas (APDA)*. Com base neste primeiro critério foram seleccionados os indicadores de desempenho que melhor se adaptam ao conceito de eco-eficiência, recorrendo a bibliografia consultada sobre indicadores de desempenho gerais e sobre os aplicados a estações de tratamento de águas residuais.

Foram recolhidos indicadores provenientes de várias fontes bibliográficas. Alguns indicadores de desempenho ambiental, passíveis de serem usados no sector das águas, tiveram origem na norma ISO 14031:1999 ^[28, 29]. A partir de outro estudo foram recolhidos um conjunto de indicadores de desempenho específicos do tratamento de águas residuais, que abrangem aspectos ambientais e económico-financeiros ^[6]. Outros ainda são citados pelo ERSAR, que é a entidade reguladora em Portugal e que recolhe periodicamente informação sobre indicadores de desempenho enviados pelas empresas de tratamento das águas residuais ^[7]. Uma outra origem de alguns

indicadores é a *Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico* (OCDE), que identifica também um conjunto de indicadores para avaliação do desempenho ambiental ^[4]. Resta ainda referir o *Global Report Initiative* (GRI) que desenvolveu indicadores importantes para a comunicação do desempenho económico e ambiental das empresas. Este trabalho recorreu a alguns desses indicadores ^[5].

Num outro estudo onde foi aplicada a eco-eficiência em estações de tratamento de água para consumo humano no Brasil tendo por base a norma ISO 14001, os indicadores foram agrupados segundo os princípios da eco-eficiência ^[8].

Constata-se que ainda no sector da água, mais concretamente no tratamento de águas residuais tem vindo a ser identificados indicadores de eco-eficiência em estações de tratamento da região Norte de Portugal, recorrendo aos referenciados na norma ISO 14031:1999. Neste caso em concreto foram desenvolvidos um conjunto de indicadores de eco-eficiência passíveis de serem integrados num sistema de gestão da empresa Aguas do Ave, S. Estes foram desenvolvidos segundo a metodologia do WBCSD aplicada a estações de tratamento de águas residuais da região norte de Portugal. Ao mesmo tempo que se desenvolviam indicadores para a eco-eficiência também foram determinados mais indicadores importantes para a gestão ambiental da empresa. No final foi sugerido um conjunto de medidas importantes para a melhoria da eco-eficiência da empresa. Com este estudo conclui-se que a melhor forma para melhorar à eco-eficiência passa por desenvolver medidas que levem a diminuição dos aspectos ambientais negativos ^[2].

A partir da revisão bibliográfica foram escolhidos os indicadores que possuem uma componente ambiental e financeira, e que fossem simultaneamente mais adequados ao tratamento de águas residuais e ao conceito de eco-eficiência. Não foram usados outros indicadores, como por exemplo, aqueles mais específicos de gestão, recursos humanos, segurança ou projecto. Alguns dos indicadores escolhidos foram adaptados de modo a serem aplicados na avaliação da eco-eficiência.

Ainda, com vista a clarificar a interpretação da eco-eficiência no sistema de gestão ambiental foram seleccionados e quantificados os seguintes parâmetros: cobertura do serviço (%), a eficiência de remoção da carência química de oxigénio (CQO) (%), a

eficiência de remoção da carência bioquímica de oxigénio (CBO_5)(%), a eficiência de remoção de sólidos suspensos totais (SST) (%) e o número de incumprimentos da licença de descarga. Para estes valores não foram calculados rácios de eco-eficiência. No entanto, na base desta selecção estiveram critérios de desempenho operacional para estação de tratamento. Estes indicadores permitem avaliar a qualidade do serviço prestado e averiguar se o serviço cumpre os requisitos legais.

A determinação dos indicadores é efectuada tendo por base uma recolha de dados ambientais e económicos, associados às quatro estações de tratamento das águas residuais para os anos de 2008 e 2009 da empresa Águas do Minho e Lima, SA. Na Tabela I, II, e III (Anexo 1 e 2), estão incluídos os dados necessários para se efectuar cálculo dos indicadores. Estes valores têm origem em documentos internos da empresa, e reportam a um decâmetro cúbico de água residual tratada de modo a facilitar a visualização e análise.

A Tabela 3 lista os indicadores de influência ambiental considerados no estudo e que vão ser usados como denominador no cálculo do rácio de eco-eficiência. Alguns destes valores são já avaliados com vista à monitorização do desempenho ambiental da empresa da Águas do Minho e Lima, SA.

A ETAR de Viana do Castelo – Cidade no ano de 2008 sofreu obras de reabilitação em ambas as linhas de tratamento visando alterações processuais, que levaram a que os decantadores primários passassem a funcionar com selectores biológicos. Durante este período a ETAR esteve ao encargo do empreiteiro e por esse motivo, alguns dados não foram contabilizados. Apenas no final de Outubro de 2008 é que a empresa Águas do Minho e Lima, SA assumiu a responsabilidade de exploração da ETAR.

Tabela 3 -Indicadores de influência ambiental (a serem usados como denominadores para a quantificação do rácio de eco-eficiência) seleccionados. Nas Tabelas I, II e III do Anexo 1 e Tabela IV e V do Anexo 3, estão incluídos os dados necessários para se efectuar cálculo dos indicadores. Os indicadores marcados com * são usados na empresa com vista à monitorização do desempenho ambiental

<i>Indicador</i>		<i>Viana do Castelo - Cidade</i>		<i>Viana do Castelo - ZI</i>		<i>Gelfa</i>		<i>Caminha</i>	
		2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Quantidade de Energia consumida	Energia eléctrica (kwh/dam ³)*	244	567	415	369	362	389	1.261	756
	Energia proveniente do uso de do Gerador da ETAR (kwh/dam ³)*	0,00	0,10	2,38	0,07	1,62	0,03	1,04	0,00
Quantidade de Água consumida	Água da rede pública na ETAR (m ³ /dam ³)*	2,2	3,8	0,1	2,9	5,3	0,4	2,9	0,3
	Água do furo na ETAR (m ³ /dam ³)	n.d	6,7	n.d	7,0	n.d	4,7	n.d	17,6
	Quantidade de água residual reutilizada (m ³ /dam ³)*	n.d	0	n.d	22	n.d	21	n.d	7
Quantidade de Reagentes consumidos	Polímero (kg/dam ³)	0,71	2	0,87	1	0,6	0,9	1,6	1,6
	Hipoclorito de sódio (kg/dam ³)	4,4	0	0,5	0,2	14,1	6,9	5,1	3,5
	Consumo de Cloreto Férrico (kg/dam ³)	0,8	37	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Rifoam (anti-espumante) (kg/dam ³)	0,1	0,8	0,02	0,07	n.d	0	n.d	n.d
	Argila Benolex 3010 (kg/dam ³)	n.d	0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Optibiom (kg/dam ³)	n.d	n.d	0,08	n.d	n.d	0	n.d	n.d
	Oxigénio (m ³ /dam ³)	n.d	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Quantidade de Resíduos perigosos produzidos	Produção de embalagens contaminadas (kg/dam ³)	0,07	0,05	0,13	0,03	0,17	0,04	0,22	0,02
	Produção de Desperdícios Contaminados (kg/dam ³)	0,003	0,04	0,01	0,00	0,22	0,11	0,19	0,02
	Produção de Resíduos de Laboratório (kg/dam ³)	0,06	0,002	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Produção de Reagentes fora de Uso (kg/dam ³)	0,01	0,02	n.d	n.d	0,12	0,00	n.d	n.d
	Produção de Vidro de Laboratório (kg/dam ³)	0,002	0,0006	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Produção de Resíduos de Cal (kg/dam ³)	n.d	n.d	n.d	n.d	0,04	0,003	n.d	n.d
	Produção de Resíduos de pó químico (kg/dam ³)	n.d	n.d	0,006	n.d	n.d	n.d	n.d	0,00
Quantidade de Resíduos não perigosos	Gradados (kg/dam ³)*	42	34	28	14	22	7	18	10
	Lamas (valor total) (kg/dam ³)*	360	1.441	458	531	495	846	1.148	927
	Lamas encaminhadas para aterro (kg/dam ³)*	42	0	458	531	113	49	112	214
	Lamas encaminhadas para compostagem (kg/dam ³)*	0	89	0	0	0	81	0	0
	Lamas encaminhadas para valorização agrícola (kg/dam ³)*	317	1.352	0	0	381	716	1.036	713
	Areias (kg/dam ³)*	0,8	16	11	7	28	20	12	10
	Papel e cartão (kg/dam ³)*	n.d	0	n.d	n.d	n.d	0,01	n.d	n.d
	Resíduos de plástico (kg/dam ³)*	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,01	n.d	n.d
	Vidro (kg/dam ³)*	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,02	n.d	n.d
	Gorduras (kg/dam ³)*	0,12	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade de Emissões produzidas^{a)}	Resíduos enviados para recuperação/reciclagem (kg/dam ³)*	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	CO ₂ (kg/dam ³)*	108	252	185	164	161	173	560	336
	NO _x (kg NO _x /dam ³)*	0	0,0003	0,0095	0,0002	0,0047	0,0001	0,0003	0
	SO ₂ (kg SO ₂ /dam ³)*	0	0,0001	0,0025	0,0001	0,0012	<0,0001	0,0008	0
	COVNM (kg COVNM/dam ³)*	0	0,0001	0,0025	0,0002	0,0012	<0,0001	0,008	0

n.d - informação não disponível. A AdML não contabiliza esta informação. ^{a)} – O cálculo das emissões gasosas foi realizado recorrendo a factores de emissão de gasóleo e energia eléctrica. (ver Tabela IV anexo 3)

O **consumo de energia eléctrica** aumentou para 2009 no caso da estação de tratamento de Viana do Castelo – Cidade e Gelfa, enquanto que nas restantes estações

diminuiu. Em 2008 a estação de tratamento que teve um maior consumo foi a ETAR de Caminha, e menor consumo a estação de Viana do Castelo – Cidade. Em 2009 a ETAR de Caminha continuou a ser a maior consumidora de energia eléctrica. E por oposição, a estação de tratamento com menor consumo foi a ETAR de Viana do Castelo – Cidade.

A **energia proveniente do gerador** instalado nas estações diminuiu significativamente em 2009, com a excepção de Viana do Castelo – Cidade. O gerador existente na ETAR de Viana do Castelo – Cidade não funcionou por problemas de origem técnica no ano de 2008, funcionando apenas em 2009. O gerador que produziu mais energia foi o de Viana do Castelo – Zona Industrial (2008) e Viana do Castelo – Cidade (2009).

No que respeita ao **consumo de água** apenas é possível fazer comparações, para os dois anos, em relação à água consumida da rede pública, uma vez que não existem dados sobre as restantes formas de obtenção de água para o ano de 2008. O consumo de água da rede pública aumentou nas estações de Viana do Castelo - Cidade e Zona Industrial, diminuindo nas estações de Gelfa e Caminha para 2009. A estação de tratamento que mais consome água da rede pública é Gelfa (2008) e Viana do Castelo – Cidade (2009). Por sua vez, a estação que menos consumiu água foi a de Viana do Castelo – Zona Industrial (2008) e Caminha (2009). Apenas no ano de 2009 passou a ser contabilizada a quantidade de água residual reutilizada e a quantidade de água proveniente de um furo existente nas estações. A estação de tratamento de Caminha, teve o maior **consumo de água do furo**, sendo Viana do Castelo – Zona Industrial a que registou a maior **reutilização de água residual**. É de salientar, que o consumo de água é directamente influenciado pelo consumo de polímero, uma vez é necessária água para a preparação da solução de polímero.

O **consumo de polímero** aumentou em quase todas as estações para 2009. A excepção foi a ETAR de Caminha que manteve o valor do consumo constante. A explicação para o maior consumo de polímero está associada à maior produção de lamas (2009) e daí a necessidade de maior consumo de polímero para realizar esta etapa de tratamento. Este motivo não explica o sucedido na estação de tratamento de Caminha, não sendo obtida explicação para esta situação.

O hipoclorito de sódio é um desinfectante utilizado nas estações de tratamento para eliminar as formações filamentosas que se formam nos tanques de arejamento e no decantador secundário e que impede a compactação, sedimentabilidade e espessura das lamas activadas nos tanques. O **consumo de hipoclorito de sódio** diminuiu em 2009. A ETAR de Gelfa possui um maior consumo deste reagente para os dois anos, sendo Viana do Castelo – Cidade e Viana do Castelo – Zona Industrial que apresentam menor consumo de reagente, respectivamente em 2008 e 2009.

O cloreto férrico é utilizado como auxiliar do polímero no espessamento de lamas, sendo apenas usado em Viana do Castelo – Cidade. Esta estação de tratamento teve necessidade de recorrer a este reagente para conseguir obter os resultados pretendidos. As obras efectuadas provocaram um descontrolo processual nas linhas de tratamento, afectando o crescimento de biomassa, que passou a ser lento, a sedimentabilidade das lamas piorou devido ao aparecimento de bactérias filamentosas e o aparecimento de sólidos no descarregador do decantador secundário. Para minimizar este problema foi adicionado o cloreto férrico na decantação secundária. Em 2009, houve um aumento no **consumo de cloreto férrico**, pois houve uma maior necessidade de espessar lamas, devido a reabilitação nas linhas de tratamento efectuada.

A drenagem de escumas é realizada através de um sistema que não apresenta o declive ideal, por isso é adicionado o reagente de rifoam (anti-espumante) para auxiliar a drenagem. As estações de tratamento de Viana do Castelo - Cidade, Zona Industrial e Gelfa recorrem ao reagente rifoam, uma vez que o sistema de drenagem não apresenta declive suficiente para que sejam enviadas para o seu destino final. O **consumo de Riofam** (anti-espumante) aumentou no caso de Viana do Castelo – Cidade e Zona Industrial para 2009. A estação de tratamento que em ambos os anos apresenta um maior consumo deste reagente é Viana do Castelo – Cidade. Não existe informação sobre este reagente para o ano de 2008 em relação a Gelfa e para a estação de Caminha para os dois anos.

O **consumo de argila, optibiom e oxigénio** resulta de experiências realizadas no sentido de melhorar o processo de tratamento. No que respeita à eliminação de

matéria orgânica, redução do volume de lamas e arejamento do processo. Contudo, não foram bem sucedidas e por isso abandonadas. Apenas são citadas aqui pois referem-se a reagentes consumidos para tratamento das águas residuais nos anos em estudo.

Em relação à produção de resíduos perigosos e não perigosos, é possível verificar que a **produção de embalagens contaminadas** diminuiu nas estações em estudo. Em 2008, a ETAR de Caminha apresenta a maior produção de embalagens contaminadas. Contudo, esta diminui significativamente a sua produção passando a ser no ano de 2009 a estação com a menor produção deste resíduo. Em oposição, a ETAR de Viana do Castelo - Cidade apresenta a menor (2008) e a maior (2009) produção de embalagens contaminadas.

No que respeita à **produção de desperdícios contaminados** houve uma diminuição em quase todas as estações. Com a excepção de Viana do Castelo - Cidade que ocorreu um aumento. A ETAR de Caminha foi a estação que registou a maior redução. A estação de tratamento de Gelfa e Viana do Castelo – Cidade possuem uma maior produção deste resíduo, respectivamente para 2008 e 2009. Por oposição, a estação que regista a menor produção é Viana do Castelo – Cidade (2008) e Viana do Castelo – Zona Industrial (2009).

As estações de tratamento de Viana do Castelo – Zona Industrial, Gelfa e Caminha não possuem laboratório e apenas efectuem a determinação de sólidos suspensos totais (SST) (que não requer o uso de reagentes). Todas as restantes análises são realizadas no laboratório de Viana do Castelo – Cidade. Por essa razão, apenas há informação da **produção de resíduos de laboratório** nesta estação. Constata-se uma diminuição em 2009 deste resíduo.

Apenas existe informação sobre a **produção de resíduos de reagentes fora de uso** nas estações de tratamento de Viana do Castelo – Cidade e Gelfa. Verifica-se que em Viana do Castelo – Cidade houve um ligeiro aumento de produção deste género de resíduo. No entanto, na ETAR de Gelfa houve uma diminuição na produção de resíduos de reagentes, não se produzindo mesmo no ano de 2009.

A **produção de resíduos de vidro de laboratório** apenas existe na estação de tratamento de Viana do Castelo - Cidade, como resultado da actividade do laboratório. Registou-se uma diminuição de produção de resíduos de vidro para 2009.

A Cal é usada no tratamento de lamas, mais concretamente na estabilização destas. Em todas as estações existe a calagem das lamas, com a excepção de Viana do Castelo – Cidade. Contudo, apenas existe informação sobre a **produção de resíduos de cal** para a estação de Gelfa, que se registou uma diminuição em 2009.

Apenas existe informação sobre a **produção de resíduos de pó químico** para 2008 na ETAR de Viana do Castelo - Zona Industrial e para Caminha em 2009. Não é possível fazer comparações entre estações de tratamento e os vários anos. Os resíduos de pó químico são resultado do uso de extintores de incêndios.

A **produção de gradados** diminuiu em todas as estações de tratamento, sendo a estação de Gelfa a que apresenta a maior queda na produção. A ETAR de Viana do Castelo - Cidade produz a maior quantidade de gradados em ambos os anos. Por oposição, a estação que menor quantidade de gradados produz é Caminha (2008) e Gelfa (2009).

A **produção de lamas** aumentou em quase todos os casos de estudo, com a excepção da ETAR de Caminha. Em 2008, a ETAR de Viana do Castelo – Cidade foi a que produziu menor quantidade de lamas e a ETAR de Caminha a que mais produziu. Em 2009, a estação de Viana do Castelo - Cidade foi a ETAR que mais produziu e a estação de Viana do Castelo – Zona Industrial foi a que menos produziu. A estação de Viana do Castelo - Cidade foi a que teve o maior aumento entre todos os casos devido às obras de reabilitação que sofreu em 2008. Na ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial houve a necessidade de extrair mais lamas pois o efluente proveniente do aterro sanitário vinha mais carregado (mais CQO) e para garantir que não existia um desequilíbrio no tratamento foi necessário manter a concentração de lamas na gama de 2300-2500 mg/L em regime de média carga. Por sua vez, o efluente da ETAR de Gelfa passou a ser mais carregado/contaminado, visto ter recebido mais efluente proveniente de fossas sépticas do município, sendo necessário extrair mais lamas para manter o tratamento controlado. Para tal, foi necessário manter a concentração nos

tanques de arejamento em 3000-3500 mg/l (arejamento prolongado). Estes valores de concentração são os mais adequados (resultado experimental) para o tratamento.

Verifica-se que a **quantidade de lamas encaminhadas para aterro** aumentou na ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial e Caminha, diminuindo nas restantes. A estação de tratamento de Viana do Castelo - Zona Industrial envia para aterro a totalidade das lamas produzidas. A ETAR de Viana do Castelo – Cidade envia a menor quantidade de lamas para aterro comparativamente com as restantes.

Somente as estação de Viana do Castelo - Cidade e Gelfa enviam lamas para compostagem, registando apenas valores no ano de 2009. A ETAR que envia a maior quantidade de **lamas para compostagem** é a de Viana do Castelo – Cidade.

A quantidade de **lamas encaminhadas para a valorização agrícola** aumenta na ETAR de Viana do Castelo – Cidade e Gelfa, diminuindo em Caminha. Em 2008, a ETAR de Viana do Castelo – Cidade foi a que menor quantidade enviou e por oposição, a ETAR de Caminha a que maior quantidade de lamas encaminhou. Em 2009, a ETAR de Viana do Castelo – Cidade foi a estação que mais encaminhou e a estação de Gelfa foi a estação que menos enviou resíduos para valorização agrícola. Constata-se que este é o destino preferencial para encaminhar as lamas resultantes do tratamento das águas residuais.

A **quantidade de areias recolhidas** depende muito da água residual que chega à estação de tratamento, pois pode trazer maior ou menor quantidade de material arenoso, sendo menor no ano de 2009 em quase todas as estações, a excepção é Viana do Castelo - Cidade. Verifica-se que a estação de tratamento de Gelfa é a que recolheu a maior quantidade de areias, nos dois anos. A estação que menor quantidade de areias recolheu em 2008 foi Viana do Castelo – Cidade e em 2009 Viana do Castelo – Zona Industrial.

A quantidade de **resíduos de papel e cartão, plástico e vidro** apenas começaram a ser contabilizados no ano de 2009, não sendo possível tirar conclusões.

No que respeita à **produção de gorduras**, apenas existe produção em 2008 na ETAR de Viana do Castelo – Cidade. Nas restantes, a quantidade de gorduras existente nas

águas residuais não é suficiente para afectar o tratamento em fases seguinte não sendo removidas e por essa razão não são contabilizadas.

As emissões gasosas de CO₂ são resultado do uso do gerador para produção de energia e da energia eléctrica da rede. As emissões de NO_x, SO₂ e COVNM estão associadas ao uso do gerador da ETAR. Este facto é visível nas diferenças dos pequenos valores de NO_x, SO₂ e COVNM em comparação com os valores de CO₂. As **emissões gasosas de CO₂** foram superiores em Caminha para 2008 e 2009. No entanto, a estação de Viana do Castelo – Cidade (2008) e Zona Industrial (2009) são as que menos emitem CO₂.

As **emissões de NO_x, SO₂ e COVNM** aumentaram em Viana do Castelo – Cidade e diminuíram nas restantes. A estação de Viana do Castelo – Zona Industrial é a ETAR que regista para ambos os anos a maior emissão de gases. As estações de tratamento de Viana do Castelo - Cidade e Caminha não registam emissões destes poluentes porque o gerador não entrou em funcionamento.

A Tabela 4 apresenta o indicador de valor escolhido para o estudo. Este indicador foi usado como numerador para o cálculo do rácio de eco-eficiência.

Os proveitos operacionais resultam de todos os ganhos que a empresa obteve com o funcionamento destas estações, através da soma dos proveitos dos serviços obtidos pelas tarifas de saneamento. Analisando a Tabela II do Anexo 1, verifica-se que em todas as estações de tratamento houve um aumento nos proveitos operacionais anuais. Contudo, o caudal facturado apenas aumentou em Gelfa e Caminha, diminuindo em Viana do Castelo – Cidade e Zona Industrial. Esta diminuição de efluente tratado deve-se à diminuição de infiltrações existentes no sistema interceptor das águas residuais nestas duas estações.

Tabela 4 -Indicador de eco-eficiência de valor apresentado em função de um decâmetro cúbico de água residual tratada

<i>Indicador</i>	<i>Viana do Castelo - Cidade</i>		<i>Viana do Castelo - ZI</i>		<i>Gelfa</i>		<i>Caminha</i>	
	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>
Proveitos Operacionais específicos (€/dam ³)	365	564	483	408	470	346	492	417

Os **proveitos operacionais específicos** apenas aumentam em Viana do Castelo – Cidade, diminuindo nas restantes estações de tratamento. Tal relaciona-se com o facto

de em 2009 a quantidade de efluente tratado ter diminuído em Viana do Castelo – Cidade (Ver Tabela I anexo 1). A ETAR que teve maiores proveitos operacionais específicos foi Caminha (2008) e Viana do Castelo – Cidade (2009). Por oposição, a estação que alcançou menores proveitos foi Viana do Castelo – Cidade e Gelfa, respectivamente, em 2008 e 2009.

O cálculo da eficiência de remoção de CQO, CBO₅ e SST foi realizado assumindo que o valor de CQO, CBO₅ e SST, do efluente à entrada e do efluente tratado à saída, resulta de uma média dos doze valores determinados mensalmente.

Tabela 5 - Indicadores auxiliares

<i>Indicadores</i>	<i>Viana do Castelo Cidade</i>		<i>Viana do Castelo- ZI</i>		<i>Gelfa</i>		<i>Caminha</i>	
	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>
Número de Incumprimentos da Licença de Descarga	4	0	0	0	0	0	4	0
Cobertura do serviço (%)	91	91	92	92	91	91	81	81
Eficiência de remoção de CQO (%)	84	89	88	83	95	94	93	92
Eficiência de Remoção de SST (%)	90	96	91	91	92	93	87	96
Eficiência de Remoção de CBO ₅	92	96	97	97	97	98	97	98

A estação de Viana do castelo – Cidade em 2008 efectuou quatro descargas fora dos parâmetros da licença de descarga. Esta estação de tratamento no ano de 2008 sofreu obras de reabilitação nas linhas de tratamento, onde os decantadores primários passaram a funcionar como selectores biológicos. Por esse facto, esta estação obteve melhores resultados no ano de 2009 em relação à remoção de COQ, CBO₅ e SST.

A ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial cumpriu nos dois anos as licenças de descarga que possui. Verifica-se que o tratamento não apresenta valores de remoções de SST e CBO₅ constantes e a remoção de CQO diminui em 2009. Este facto deve-se a presença de afluente bastante carregado (elevados valores CQO à entrada) e como houve necessidade de produzir mais lamas houve maior remoção.

Gelfa é a estação que apresenta remoções mais elevadas em relação às restantes estações. As remoções de CQO diminuíram no ano de 2009. Em 2009 houve uma maior entrada de efluente proveniente de origem doméstica e daí a elevada carga de CQO. As remoções de SST e CBO₅ foram mais elevadas no ano de 2009. A estação de

Gelfa apresenta maiores remoções e é também a mais constante a este nível. Isto deve-se ao facto de, parte do ano o tratamento ser realizado em baixa carga, logo o arejamento é mais prolongado e por isso a oxidação da matéria orgânica é maior.

A estação de Caminha teve menores remoções de CQO em 2009. No que respeita às remoções de SST e CBO₅ aumentaram. Em 2008, a estação efectuou quatro descargas que não cumpriam os requisitos da licença de descarga.

Em todas as estações não se verificaram alterações percentuais em relação à cobertura do serviço.

4.2 Avaliação da eco-eficiência e análise de resultados

Os rácios de eco-eficiência foram determinados dividindo o proveito operacional específico pelos indicadores de influência ambiental, tal como definido na equação apresentada na secção 2.2 do capítulo 2.

A Tabela 6 apresenta os rácios de eco-eficiência para cada uma das estações de tratamento para os anos 2008 e 2009.

Tabela 6 - Rácios obtidos dividindo os proveitos operacionais pelos indicadores de influência ambiental

<i>Rácios de eco-eficiência</i>		Viana do Castelo - Cidade		Viana do Castelo - ZI		Gelfa		Caminha	
		2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Consumo de energia	Energia eléctrica (€/kwh)	1,49	0,99	1,16	1,11	1,30	0,89	0,39	0,55
	Energia proveniente do uso de do Gerador da ETAR (€/kwh)	n.c	5.500	203	5.780	291	12.654	472	n.c
Quantidade de Água consumida	Água da rede pública na ETAR (€/m ³)	168	150	6.843	139	89	782	171	1.357
	Água do furo na ETAR (€/m ³)	n.d	84	n.d	59	n.d	73	n.d	24
	Quantidade de água residual reutilizada (m ³)	n.d	0	n.d	19	n.d	16	n.d	64
Consumo de reagentes	Polímero (€/kg)	512	281	558	333	808	390	308	258
	Hipoclorito de sódio (€/kg)	83	n.c	965	2.662	33	50	97	121
	Cloreto Férrico (€/kg)	435	15	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Rifoam (anti-espumante) (€/kg)	3.618	692	19.673	5.842	n.d	n.c	n.d	n.d
	Argila Benolex 3010 (€/kg)	n.d	11.880	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Optibiom (€/kg)	n.d	n.d	6.415	n.d	n.d	n.c	n.d	n.d
	Oxigénio (€/m ³)	n.d	26.730	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Produção de resíduos perigosos	Embalagens contaminadas (€/kg)	5.455	11.138	3.802	14.161	2.735	8.167	2.223	17.438
	Desperdícios Contaminados (€/kg)	125.704	13.977	45.619	n.c	2.141	3.026	2.585	17.317
	Resíduos de Laboratório (€/kg)	6.059	268.478	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Reagentes fora de Uso (€/kg)	62.866	27.276	n.d	n.d	4.073	n.c	n.d	n.d
	Vidro de Laboratório (€/kg)	465.701	939.671	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Resíduos de Cal (€/kg)	n.d	n.d	n.d	n.d	11.021	107.891	n.d	n.d
	Resíduos de pó químico (€/kg)	n.d	n.d	83.254	n.d	n.d	n.d	n.d	n.c
Produção de resíduos não perigosos	Gradados (€/kg)	9	17	17	28	21	50	27	41
	Lamas (Valor Total) (€/kg)	1	0,39	1,05	0,77	0,95	0,41	0,43	0,45
	Lamas encaminhadas para aterro (€/kg)	9	n.c	1,05	0,77	4	7	4	2
	Lamas encaminhadas para compostagem (€/kg)	n.c	6,36	n.c	n.c	n.c	4,27	n.c	n.c
	Lamas encaminhadas para valorização agrícola (€/kg)	1,15	0,42	n.c	n.c	1,23	0,48	0,48	0,59
	areias (€/kg)	453	35	44	55	17	17	41	42
	Papel e cartão (€/kg)	n.d	n.c	n.d	n.d	n.d	34.165	n.d	n.d
	Resíduos de plástico (€/kg)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	25.624	n.d	n.d
	Vidro (€/kg)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	20.499	n.d	n.d
	Gorduras (€/kg)	3.143	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c	n.c
	Resíduos enviados para recuperação/reciclagem (€/kg)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Produção de emissões gasosas	CO ₂ (€/kg)	3,4	2,2	2,6	2,5	2,9	2,0	0,9	1,2
	NOx(€/kg)	n.c	1.909.747	50.907	2.006.913	100.900	4.393.696	163.832	n.c
	SO ₂ (€/kg)	n.c	7.275.227	193.933	7.645.384	384.379	16.737.891	624.121	n.c
	COVNM(€/kg)	n.c	7.638.988	203.630	8.027.654	403.598	17.574.785	655.328	n.c

n.d - informação não disponível. A AdML não contabiliza esta informação

n.c- valor não calculado. Não foi possível calcular porque o valor de indicador de influência ambiental é zero, ou seja, o denominador do rácio de eco-eficiência é igual a zero

No que respeita ao **consumo de energia eléctrica**, os rácios de eco-eficiência diminuíram em todas as estações de tratamentos. Com a excepção da ETAR de Caminha que registou um aumento. A estação de tratamento que apresenta a diminuição mais significativa é Viana do Castelo – Cidade. A ETAR de Caminha possui

os rácios mais baixos para os dois anos. No entanto, Viana do Castelo - Cidade e Zona Industrial possuem, respectivamente, os valores mais elevados para 2008 e 2009. Em relação à **energia proveniente do gerador** é possível verificar que os rácios de eco-eficiência aumentaram em Viana do Castelo – Zona Industrial e Gelfa. Em relação à **energia proveniente do gerador** é possível verificar que os rácios aumentaram em Viana do Castelo – Zona Industrial e Gelfa. Em 2009, a estação de Gelfa registou um aumento significativo deste rácio, relacionado com o curto período de tempo de funcionamento do gerador e consequentemente do consumo a ele associado. As Estações de tratamento de Caminha e Gelfa registam, respectivamente, para 2008 e 2009, os rácios mais altos entre todos os casos de estudo. Por oposição, Viana do Castelo - Zona Industrial (2008) e Viana do Castelo - Cidade (2009) apresentam os valores mais baixos.

Os rácios relativos ao **consumo de água da rede pública** diminuíram em Viana do Castelo – Cidade e Zona Industrial e aumentaram em Gelfa e Caminha. Em 2008, a estação de tratamento que obteve o maior rácio de eco-eficiência foi Viana do Castelo – Zona Industrial. As estações que registaram menor rácio de eco-eficiência foram Gelfa (2008) e Viana do Castelo - Zona Industrial (2009). A ETAR de Caminha registou o maior aumento, possuindo para o ano de 2009, o maior rácio de eco-eficiência. Apesar de a ETAR de Viana do Castelo – Cidade possuir o maior proveito operacional específico (2009), esta não apresenta o maior rácio de eco-eficiência, como seria expectável, visto ter aumentado significativamente o consumo de água da rede pública em 2009. No caso de Gelfa, os proveitos operacionais diminuíram, mas o consumo de água da rede pública diminuiu expressivamente, visto no ano de 2009 ter sido recuperada a rede de água eliminando as fugas desta.

Em relação ao **consumo de água do furo da ETAR**, não é possível analisar as variações entre anos pois não existem informações para o ano de 2008. Verifica-se que a ETAR que apresenta maior rácio de eco-eficiência é Viana do Castelo – Cidade, sendo o menor valor para Caminha.

O mesmo se repete em relação à **quantidade de água residual reutilizada**, em 2009 foi a estação de Caminha a que apresentou o rácio mais elevado e na estação de Viana

do Castelo - Cidade o rácio foi nulo, devido ao facto desta estação não reutilizar água residual.

Em relação ao **consumo de polímero**, houve uma diminuição dos rácios em todas as estações de tratamento. Este facto deve-se ao maior consumo deste reagente durante 2009. As estações de Gelfa e Caminha apresentam, respectivamente, para 2008 os rácios altos e para 2009 os mais baixos. A ETAR de Gelfa obteve a descida mais acentuada em relação às restantes estações. No entanto, esta estação foi a que, em 2009, consumiu a menor quantidade de polímero e por isso apresenta comparativamente o rácio mais alto.

Relativamente ao **consumo de Hipoclorito de sódio**, verifica-se que aumentou em Viana do Castelo - Zona Industrial, Gelfa e Caminha. A estação de tratamento de Viana do Castelo – Zona Industrial possui rácios de eco-eficiência mais elevados para os dois anos e regista também a subida mais significativa de todas. Em oposição, Gelfa registou os rácios mais baixos para os dois anos. A estação de Viana do Castelo - Zona Industrial apresentou os rácios mais elevados, pois é a estação que consome menor quantidade deste reagente em relação às restantes estações.

No que se refere ao **consumo de cloreto férrico** verificou-se que de 2008 para 2009, houve uma diminuição do rácio de eco-eficiência na ETAR de Viana do Castelo - Cidade. Nas restantes estações não são conhecidos consumos deste reagente.

As estações de Viana do Castelo – Cidade e Zona Industrial são as únicas estações que utilizam anti-espumante. O **consumo de rifoam** (anti – espumante) apresentou uma diminuição significativa dos rácios de eco-eficiência para 2009. A ETAR que apresentou menores valores de rácios de eco-eficiência foi Viana do Castelo – Cidade, para os dois anos, que se devem aos baixos consumos deste reagente nessas estações. Não foi possível calcular o valor do rácio para Gelfa em 2009 pois o indicador de influência ambiental era igual a zero.

O **consumo de Argila, Optibiom e oxigénio** são consumos pontuais resultantes de experiências realizadas o que por essa razão não é possível retirar conclusões.

Existe um aumento em 2009 para todas as estações nos rácios associados à **produção de embalagens contaminadas**. A estação que apresenta os rácios mais elevados foi Viana do Castelo – Cidade (2008) e Caminha (2009). A estação de Caminha (2008) e Gelfa (2009) possui os rácios mais baixos. A ETAR de Caminha registou o maior aumento dos rácios de eco-eficiência nestes dois anos. Tal deve-se à diminuição mais significativa de embalagens contaminadas produzidas.

Relativamente aos **desperdícios contaminados** a ETAR de Caminha registou o maior aumento do rácio de eco-eficiência. A estação de tratamento de Gelfa apresentou os rácios mais baixos para os dois anos. Os rácios mais elevados são os da ETAR de Viana do Castelo – Cidade (2008) e Caminha (2009). O valor do rácio de eco-eficiência diminuiu no caso de Viana do Castelo – Cidade devido ao aumento significativo da produção deste tipo de resíduo. Este aumento anula em termo de rácios de eco-eficiência, facto de os proveitos operacionais específicos terem aumentado.

No que respeita à **produção dos resíduos de laboratório**, apenas existe informação para a estação de Viana do Castelo - Cidade. Verifica-se que houve um aumento dos rácios de eco-eficiência para esta estação. Tal como era espectável o aumento do valor do rácio de eco-eficiência foi devido à menor produção de resíduos em 2009 e ao mesmo tempo do maior proveito operacional específico verificado neste ano.

A **produção de reagente de fora de uso** registou rácios de eco-eficiência apenas em Viana do Castelo – Cidade e Gelfa, não havendo informações para as restantes estações. Em Viana do Castelo – Cidade houve uma diminuição do rácio de eco-eficiência em 2009.

Os **resíduos de vidro de laboratório** são apenas contabilizados na estação de tratamento de Viana do Castelo – Cidade. Apenas nesta ETAR se realizam análises à água residual. O rácio de eco-eficiência aumentou significativamente em 2009 devido à menor produção de resíduos em 2009 e ao mesmo tempo aos maiores proveitos operacionais específicos verificados nesse ano.

O rácio relativo à **produção de resíduos de cal** está apenas disponível para Gelfa. Esta estação registou um aumento dos rácios em 2009. Este aumento deve-se ao facto de ter diminuído a quantidade de resíduos de cal produzidos nesta ETAR.

A **produção de resíduos de pó químico** regista apenas os rácios de eco-eficiência para Viana de Castelo – Zona Industrial em 2008. Em 2009 não foi possível determinar o rácio na estação de Caminha pois o indicador de influência ambiental foi zero. Por esta razão não é possível comparar entre anos e estações.

No que respeita à **produção de gradados** verifica-se um aumento dos rácios de eco-eficiência para todas as estações. A ETAR de Gelfa foi a que apresentou o maior aumento dos rácios e, em 2009,foia que registou o maior rácio. A ETAR de Viana do Castelo – Cidade apresentou os rácios mais baixos. Para o ano de 2008, a ETAR de Caminha, apresentou o valor de rácio mais alto de todas as estações.

No que respeita à **produção de lamas**, os rácios relativos ao valor total de lamas apresenta uma diminuição para quase todas as estações de tratamento. A excepção foi Caminha. Em 2008, a ETAR de Caminha apresenta o rácio mais baixo e Viana do Castelo - Cidade para 2009. A estação de Viana do Castelo – Zona Industrial apresenta os rácios mais elevados para ambos os anos. A diminuição dos valores de rácios é explicada pelo aumento da produção de lamas em quase todas as estações, excepto para Caminha que manteve o valor da sua produção.

No que respeita ao envio de **lamas para aterro**, verifica-se um aumento dos rácios na ETAR de Gelfa e uma diminuição nas estações de Viana do Castelo – Zona Industrial e Caminha. Os rácios de eco-eficiência mais elevados são a ETAR de Viana do Castelo – Cidade (2008) e Gelfa(2009). A ETAR de Viana do Castelo – Zona Industrial apresenta rácios mais baixos. Verifica-se um aumento do rácio na ETAR de Gelfa, em 2009, devido a menor quantidade de lamas encaminhadas para aterro.

Em relação aos rácios associados a **lamas encaminhadas para compostagem**, estes são calculados apenas em Viana do Castelo – Cidade e Gelfa (2009), pois são as únicas estações onde ocorre envio de lamas para compostagem. A ETAR de Viana do Castelo – Cidade apresenta o rácio mais elevado para 2009.

No que respeita as **lamas enviada para valorização agrícola**, verifica-se que ocorreu uma diminuição dos rácios de eco-eficiência em 2009, na ETAR de Viana do Castelo – Cidade e Gelfa, aumentando em Caminha. Os rácios mais altos registaram-se na ETAR de Gelfa (2008) e ETAR de Caminha (2009). Por sua vez, a ETAR de Caminha (2008) e Viana do Castelo – Cidade (2009) registou os rácios mais baixos. A ETAR que apresentou a maior descida dos rácios foi Gelfa. Seria de esperar que a ETAR de Viana do Castelo – Cidade por ter encaminhado a maior quantidade de lamas para aterro (2009) possuísse o rácio mais alto. No entanto, isto não acontece pois os proveitos operacionais específicos neste caso também aumentaram, significativamente. No caso de Gelfa, a quantidade de lamas enviadas para valorização agrícola (2009) aumentou mas os proveitos operacionais específicos diminuíram.

Os rácios de eco-eficiência relativos à **produção de areias** diminuíram significativamente em Viana do Castelo – Cidade (2009). As estações de Viana do Castelo - Zona Industrial e Caminha aumentam os rácios, mantendo-se constante para Gelfa. A ETAR de Gelfa apresentou os rácios mais baixos nos dois anos. As estações de Viana do Castelo – Cidade (2008) e Viana do Castelo – Zona Industrial (2009) apresentaram o rácio mais elevado. A estação de Viana do Castelo - Cidade apesar de ter apresentado um aumento dos proveitos operacionais específicos registou também uma maior produção de areias (2009), o que provoca a diminuição do valor do rácio.

Em relação à **produção de resíduos de papel de cartão**, apenas existe informação para Gelfa para 2009.

Para os **resíduos de vidro, plástico** apenas existe dados para Gelfa, por essa razão não pode ser realizada a comparação dos rácios.

Relativamente à **produção de gorduras**, apenas é registado para Viana do Castelo – Cidade (2008). Para as restantes estações e para ambos os anos não são calculados porque o valor de gorduras produzido é zero. A produção de gorduras está dependente da qualidade da água que chega à ETAR.

No que respeita às **emissões de CO₂ produzida** verifica-se que houve uma diminuição dos rácios. Com a excepção verificada para a ETAR de Caminha. Esta diminuição foi

verificada pelo aumento das emissões de CO₂ (2009) em resultado do consumo de energia eléctrica e do uso do gerador. As estações de tratamento de Viana do Castelo – Cidade (2008) e Viana do Castelo – Zona Industrial (2009) registaram o rácio de eco-eficiência mais alto. A ETAR que possui os rácios mais baixos foi Caminha quer para 2008 quer para 2009. No caso de Viana do Castelo – Cidade era esperado que o valor do rácio aumentasse pois o proveito operacional específico aumenta em 2009, contudo o elevado aumento das emissões de CO₂ provoca a diminuição do valor do rácio.

As ***emissões de NO_x, SO₂ e COVNM produzidas*** são resultado do funcionamento do gerador. Verifica-se um aumento em todas as estações para 2009. Os rácios mais altos são para a estação de Caminha (2008) e Gelfa (2009). Os rácios de eco-eficiência mais baixos são para Viana do Castelo – Zona Industrial(2008) e Viana do Castelo – Cidade (2009). A ETAR de Gelfa apresenta dos rácios mais altos em ambos os anos. O aumento do rácio está associado ao uso do gerador funcionar pouco tempo e por essa razão diminuir as emissões destes compostos.

4.3 Definição do perfil de eco-eficiência da empresa

Na definição do perfil de eco-eficiência da empresa foi usado o formato aconselhado pelo *World business Council Sustainable Development*, que inclui elementos fundamentais de divulgação: o perfil da organização, o perfil económico, perfil ambiental, rácios de eco-eficiência e metodologia usada. (Figura 16). Na metodologia é realizada a referência das fontes bibliográficas consultadas na escolha dos indicadores utilizados neste trabalho e, que deu origem aos rácios de eco-eficiência. Nesta também consta como foram determinados estes rácios através da relação entre os proveitos operacionais específicos e os indicadores de influência ambiental.

PERFIL DA ORGANIZAÇÃO:

Nome da empresa:	Águas do Minho e Lima, SA
Segmento de Mercado:	Sistemas de abastecimento de água e saneamento de água residual
Dados referentes a:	2009
Fronteira do sistema:	ETAR Viana do Castelo - Cidade e ZI, Gelfa, Caminha
Numero Total de Funcionários:	10
Site Internet:	www.aguasdominhoelima.pt

PERFIL ECONÓMICO:

Proveitos operacionais: 2.155.125 €

PERFIL AMBIENTAL:**RÁCIOS DE ECO-EFICIÊNCIA:**

Proveitos operacionais por(€ /unidade):

Energia eléctrica consumida (kwh/dam³)	2.081	Energia eléctrica consumida (€ /kWh)	608.399
Energia proveniente do uso de do Gerador da ETAR (kwh/dam³)	0	Energia proveniente do uso de do Gerador da ETAR (€/kWh)	90
Consumo de água da rede pública na ETAR (m³/dam³)	7	Consumo de água da rede pública na ETAR(€/m³)	887
Consumo de água do furo na ETAR (m³/dam³)	36	Consumo de água do furo na ETAR(€/m³)	9.012
Quantidade de água residual reutilizada (m³/dam³)	49	Quantidade de água residual reutilizada(€/m³)	21.765
Consumo de polímero (kg/dam³)	6	Consumo de polímero(€/kg)	1.707
Consumo de Hipoclorito de sódio (kg/dam³)	11	Consumo de Hipoclorito de sódio(€/kg)	761
Consumo de Cloreto Férrico (kg/dam³)	37	Consumo de Cloreto Férrico (€/kg)	140.375
Consumo de Rifoam (anti-espumante) (kg/dam³)	1	Consumo de Rifoam (anti-espumante) (€/kg)	330
Consumo de Argila Benolex 3010 (kg/dam³)	0	Consumo de Argila Benolex 3010 (€/kg)	181
Consumo de Optibiom (kg/dam³)	0	Consumo de Optibiom (€/kg)	n.c
Consumo de Oxigénio (m³/dam³)	0	Consumo de Oxigénio (€/m³)	81
Produção de embalagens contaminadas (kg/dam³)	0	Produção de embalagens contaminadas (€/kg)	42
Produção de Desperdícios Contaminados (kg/dam³)	0	Produção de Desperdícios Contaminados (€/kg)	63
Produção de Resíduos de Laboratório (kg/dam³)	0	Produção de Resíduos de Laboratório (€/kg)	8
Produção de Reagentes fora de Uso (kg/dam³)	0	Produção de Reagentes fora de Uso (€/kg)	79
Produção de Vidro de Laboratório (kg/dam³)	0	Produção de Vidro de Laboratório (€/kg)	2
Produção de Resíduos de Cal (kg/dam³)	0	Produção de Resíduos de Cal (€/kg)	20
Produção de Resíduos de pó químico (kg/dam³)	0	Produção de Resíduos de pó químico (€/kg)	n.c
Produção de Gradados (kg/dam³)	65	Produção de Gradados (€/kg)	15.942
Produção de Produção total de lamas (kg/dam³)	3.744	Produção de Produção total de lamas (€/kg)	1.066.877
Produção total de lamas encaminhadas para aterro (kg/dam³)	793	Produção de Produção total de lamas (€/kg)	220.304
Produção total de lamas encaminhadas para compostagem (kg/dam³)	170	Produção total de lamas encaminhadas para aterro (€/kg)	338.624
Produção total de lamas encaminhadas para valorização agrícola (kg/dam³)	2.781	Produção total de lamas encaminhadas para compostagem (€/kg)	1.450.476
Produção de areias (kg/dam³)	54	Produção total de lamas encaminhadas para valorização agrícola (€/kg)	14.434
Produção de Papel e cartão (kg/dam³)	0	Produção de areias (€/kg)	63
Produção de resíduos de plástico (kg/dam³)	0	Produção de Papel e cartão (€/kg)	84
Produção de vidro (kg/dam³)	0	Produção de resíduos de plástico (€/kg)	105
Produção de gorduras (kg/dam³)	0	Produção de vidro (€/kg)	n.c
Emissões CO₂ (kg/dam³)	924	Produção de gorduras (€/kg)	7,97
Emissões NOx (kg NOx/dam³)	0,001	Emissões CO₂ (€/kg)	8.310.357
Emissões de SOx (kg SOx/dam³)	0	Emissões NOx (€/kg)	31.658.502
Emissões de COVNM (kg COVNM/dam³)	0	Emissões SOx (€/kg)	33.241.427
		Emissões COVNM (€/kg)	

METODOLOGIA:

Foi utilizada o GRI, IWA, ERSAR na escolha dos indicadores tendo em conta aspectos ambientais e económicos importantes nesta área. O cálculo dos rácios de eco-eficiência foi efectuado através da relação entre os proveitos operacionais específicos e os indicadores de influência ambiental.

Figura 16 -Proposta para a comunicação do perfil de eco-eficiência para as Águas do Minho e Lima. Inclui informação relativa às quatro estações de tratamento de águas residuais em

5. Conclusões, recomendações e acções de melhoria

Com a realização do presente trabalho foram a identificados e quantificados rácios de eco-eficiência para sistemas de tratamento de águas residuais, em quatro estações de tratamento de águas residuais da empresa Águas do Minho e Lima, SA.

A avaliação da eco-eficiência nestas estações de tratamento, possibilitou a avaliação de duas realidades distintas, as estações de grandes dimensões a servir uma região de elevada densidade populacional elevada e com grande caudal de afluente (Viana do Castelo – Cidade e Zona Industrial) e o inverso, estações de menores dimensões, com um caudal reduzido e uma população com menor densidade populacional (Gelfa e Caminha).

Para a realização deste trabalho foram seleccionados/desenvolvidos trinta e quatro indicadores passíveis de avaliar a eco-eficiência, obtidos através da pesquisa de fontes bibliográficas sobre indicadores de desempenho ambiental e da análise de um conjunto de indicadores já avaliados pela empresa. Dos 34 indicadores identificados neste estudo, a empresa usa já 19 indicadores na avaliação do desempenho ambiental. Estes indicadores são assinalados com um asterisco (*) na Tabela 3 da secção 4.1.

As estações de Gelfa (2008) e Viana do Castelo – Cidade (2009) são as que apresentam o maior número de indicadores de influência ambiental com valores mais elevados. Na ETAR de Gelfa são identificados cinco indicadores com o valor mais alto, nomeadamente, o consumo de água da rede pública, consumo de hipoclorito de sódio, produção de desperdícios contaminados, produção de reagentes fora de uso,

produção de areias. Os indicadores com valor mais alto para Viana do Castelo – Cidade são o consumo da energia do gerador, do consumo de água da rede pública, do consumo de polímero, do consumo de anti-espumante, da produção de embalagens contaminadas, gradados, produção de lamas (encaminhadas para compostagem e para valorização agrícola) e de emissões de NO_x . A estação que apresenta o maior número de indicadores com valores mais baixos é Viana do Castelo – Cidade (2008) com 12 indicadores que são, nomeadamente, energia eléctrica, energia proveniente do gerador, produção de embalagens contaminadas, desperdícios contaminados, resíduos de reagentes, vidro de laboratório, valor total de lamas, lamas encaminhadas para aterro e compostagem, areias e emissões de NO_x , SO_2 e COVNM. No ano de 2009 foi a ETAR de Gelfa 2009 com seis indicadores, sendo estes: água do furo da ETAR, resíduos de reagentes fora de uso, gradados e emissões de NO_x , SO_2 e COVNM.

Em relação aos indicadores de valor, proveitos operacionais específicos, verifica-se que estes diminuíram para três das estações de tratamento. A excepção ocorreu para estação de tratamento de Viana do Castelo – Cidade. O que está na base deste aumento é a realização de obras de reabilitação no sistema interceptor de Viana do Castelo - Cidade. Analisando os indicadores de valor, é possível concluir que o sistema interceptor das estações de Viana do Castelo - Zona Industrial, Gelfa e Caminha começam a ter rendimentos inferiores devidos ao aumento das infiltrações no sistema, o que permite inferir que é pertinente a realização de trabalhos de reabilitação de modo a diminuir as infiltrações neste sistema.

Simultaneamente, foram escolhidos cinco indicadores que permitem avaliar a eficiência do tratamento de águas residuais. Estes indicadores, designados por auxiliares, fornecem indicação sobre a qualidade do serviço prestado e eram aplicáveis à generalidade das estações de tratamento de águas residuais em estudo. Relativamente a estes indicadores auxiliares conclui-se que, o número de incumprimentos da licença de descarga melhorou em 2009, não se registando nesse ano nenhum incumprimento para todas as ETAR. Os níveis de cobertura são superiores a 90% para as estações de Viana do Castelo – Cidade, Zona Industrial e Gelfa. A excepção é verificada para a estação de Caminha a qual regista uma cobertura de serviço igual a 81%. A eficiência de remoção de CQO diminui em quase todas as

estações, à excepção da ETAR de Viana do Castelo – Cidade. A remoção de sólidos suspensos totais, aumentou em quase todas as estações, excluindo a estação de Viana do Castelo - Zona Industrial, onde estes valores se mantiveram constantes. A estação de Caminha registou o maior crescimento da eficiência de remoção (de 87 para 96%). A remoção de CBO_5 mantêm-se constante em Viana do Castelo – Zona Industrial, aumentando nas restantes, em especial em Viana do Castelo – Cidade, que regista um aumento de 92% para 96%. O que permite concluir que o tratamento efectuado apresenta eficiências de remoção elevadas satisfazendo os requisitos definidos na licença de descarga, no que respeita a concentração dos poluentes referidos no Anexo 2 (Tabela II). O tratamento nestas estações cumpre os requisitos legais de descarga, não possuindo incumprimentos de descargas no ano de 2009.

Em 2008 foram calculados 25 rácios de eco-eficiência. Em seguida, apenas são contabilizados, por comparação, os rácios onde é possível comparar valores disponíveis para pelo menos duas estações. A estação de Viana do Castelo – Cidade é aquela que apresenta o maior número de rácios de eco-eficiência de valor mais elevado (7 rácios), que incluem a energia eléctrica, desperdícios contaminados, reagentes fora de uso, lamas encaminhadas para aterro, areias, gorduras e emissões de CO_2 . No entanto, os dados disponibilizados para a estação de Viana do Castelo - Cidade deverão ser analisados com cuidado pois, no ano de 2008, esta estação esteve em obras e, durante grande parte desse ano os registos foram contabilizados pelo empreiteiro. Em 2009, foram calculados 30 rácios de eco-eficiência. A ETAR de Gelfa, aquela que registou o maior número de rácios de eco-eficiência mais altos (7 rácios). Os rácios com valor mais alto, incluem, o consumo de proveniente do gerador da ETAR, consumo de polímero, produção de gradados, lamas encaminhadas para aterro, emissões de NO_x , SO_2 e COVNM. No entanto, as estações que detêm o maior número de rácios de eco-eficiência de valor reduzido são Caminha (2008), sendo estes: energia eléctrica, polímero, embalagens contaminadas, valor total de lamas, lamas encaminhadas para valorização agrícola e emissões de CO_2 . Em 2009, foi a estação de Viana do Castelo - Cidade a deter maior número de rácios de eco-eficiência de valor reduzido, que incluem a energia proveniente do uso do gerador da ETAR, quantidade

de água residual reutilizada, polímero, anti-espumante, valor total de lamas, lamas encaminhadas para valorização agrícola e emissões de NO_x, SO₂ e COVMN.,

Em suma, no período em análise, as estações de tratamento de Gelfa e Viana do Castelo – Zona Industrial foram as que apresentam o melhor desempenho em termos de rácios de eco-eficiência. A estação de Viana do Castelo - Zona Industrial registou em 2008 cinco rácios de eco-eficiência de valor elevado. Este valor aumentou para 6 em 2009. Ao mesmo tempo verifica-se que para esta estação número de rácios diminui o número de rácios com valor reduzido, passando de cinco (2008) para dois (2009). A ETAR de Gelfa apresentou a maior subida do número de rácios de rácios de eco-eficiência de valor elevado, passando de dois (2008) para sete (2009). Esta estação manteve também o número de rácios com valores reduzidos constantes (5 rácios) ao longo do período em estudo. Este desempenho para as duas estações deveu-se à diminuição do valor dos indicadores de influência ambiental (denominador), associada a um decréscimo do valor dos proveitos operacionais específicos verificados para 2009.

Constata-se também que embora fosse de esperar que as ETAR de Caminha (2008) e de Viana do Castelo – Cidade (2009) pudessem apresentar rácios de eco-eficiência superiores devido ao facto dos proveitos operacionais calculados para estas duas estações serem os mais elevados, verifica-se que isto não acontece. Isto deve-se ao facto de o valor dos rácios ser influenciado significativamente pelo denominador (indicador de influência ambiental). A estação que possui maior número de rácios com valor reduzido é Caminha (2008) com seis valores, incluindo, o consumo de energia eléctrica, consumo de polímero, produção de embalagens contaminadas, produção total de lamas, produção de areias, emissões de CO₂. O mesmo se passa com Viana do Castelo – Cidade (2009) que apresenta oito rácios de valor baixo, incluindo o consumo de energia proveniente o uso do gerador, quantidade de água residual reutilizada, consumo de anti-espumante, produção total de lamas, lamas encaminhadas para valorização agrícola, emissões de NO_x, SO₂ e COVNM. Conclui-se que nestas estações os denominadores afectam, baixando, o valor calculado para os rácios.

Em relação às limitações associadas ao calculo dos rácios de eco-eficiência nos casos em, que o indicador de influência ambiental é nulo. No entanto, se o valor deste indicador é nulo, significa que o impacte ambiental também o é, e a análise desta variável deixa de fazer sentido.

Em relação a recomendações é essencial informação quantitativa mais exacta e precisa para avaliação da eco-eficiência. Nesse sentido, deve existir um investimento crescente na produção de dados com qualidade, que sustentem estratégias que promovam a eco-eficiência da empresa águas do Minho e Lima, SA. Ainda seria pertinente para a análise a avaliação do consumo de energia e água nos diferentes processos de tratamento. Esta informação permitiria uma melhor compreensão dos consumos efectuados e das intervenções a efectuar promovendo a optimização dos processos.

As melhorias de eco-eficiência podem ser alcançadas quando por exemplo, se promove a diminuição da quantidade de recursos naturais consumidos, da produção de resíduos e redução das emissões gasosas nas estações de tratamento. Neste âmbito são sugeridas algumas estratégias globais, com o objectivo de melhorar a eco-eficiência nas estações de tratamento, através da acção nos indicadores de influência ambiental. Seria então, com este objectivo aconselhável uma maior reutilização de água residual em todas as estações de tratamento, de modo a diminuir o consumo de água da rede pública e do furo e, a implementação de formas de micro-geração de energia para consumo na ETAR através do uso de, por exemplo, painéis fotovoltaicos em todas as estações, de forma a reduzir as emissões gasosas provenientes da queima de combustíveis fósseis.

A realização do presente estudo favoreceu ainda a reflexão sobre acções de melhoria específicas, no sentido de melhorar o seu desempenho ambiental e económico. Em seguida, são propostas algumas acções de melhoria da eco-eficiência para cada uma das estações estudadas.

Para a **estação de Viana do Castelo – Cidade** sugere-se a construção de um reservatório de acumulação de biogás. A energia proveniente da queima poderia ser utilizada no aquecimento das lamas com benefícios ambientais e económicos. É

também proposto a reabilitação do sistema de drenagem das escumas aumentando o declive, de forma a diminuir o consumo de anti-espumante e de água necessária na preparação desta solução.

Na **estação de Viana do Castelo – Zona Industrial** sugere-se a mesma medida referida para Viana do Castelo – Cidade no que respeita da reabilitação do sistema de drenagem das escumas.

Para as **estações de Viana do Castelo – Zona Industrial, Gelfa e Caminha** sugere-se a reabilitação do sistema interceptor, de forma a diminuir as infiltrações do efluente. A reabilitação do sistema promoverá o aumento dos proveitos operacionais específicos da empresa, aproximando o caudal tratado ao caudal facturado.

Referências bibliográficas

1. Pereira, C. (2001). *Desenvolvimento de indicadores de eco-eficiência: Aplicação à indústria Metalomecânica*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
2. Moreira, J.(2009). *Indicadores de eco-eficiência como parte do Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A: aplicação às ETAR de S. Gonçalo, Esposende e Vila Meã*. Dissertação em Engenharia do ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
3. World Business Council Sustainable Development, (2000). *A eco-eficiência, criar mais com menos impacto*. WBCSD Portugal
4. Organização para Cooperação do Desenvolvimento e Economia (2003) *Environmental Indicators: development, measurement and use*. OCDE, disponível em: www.oecd.org (acedido em Março de 2010)
5. Global Reportig Initiative GRI. (2006).*Diretrizes para Relatórios em Sustentabilidade*. GRI Portugal, disponível em: www.globalreporting.org (acedido em Março de 2010)
6. Matos, R., Cardoso, A., Ashley R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz A. (2004). Indicadores de desempenho de serviços de águas residuais (versão portuguesa adaptada de “*Performance indicators for wastewater services*”, 2003 IWA Publishing), Edição IRAR/LNEC, Lisboa (283pp.)
7. ERSAR. (2005)*Guia de avaliação de desempenho das entidades gestoras de serviços de águas e resíduos*. ERSAR, disponível em: www.ersar.pt (acedido em Março 2010)
8. Achon, C.L.(2008). *Eco-eficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da ISO 14001*. Tese de doutoramento em Engenharia, Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos.
9. De Simone, D., Popoff, F. (2000) *Eco-efficiency- The business link to sustainable development*. MIT Press Massachusetts. (278pp.)

10. WBCSD (2000). *Medir a eco-eficiência - Guia para comunicar o desempenho da empresa*. WBCSD Portugal
11. Documento interno de Águas do Minho e Lima, SA (2008), *Manual de acolhimento*
12. Águas do Minho e Lima, SA. (2009), *Relatório e contas 09*, Águas do Minho e Lima, SA
13. Documento interno de Águas do Minho e Lima, SA (2009), *Manual do sistema de responsabilidade empresarial*
14. Economic and social commission for western Asia (2003). *Waste-Water treatment technologies – a general review*, disponível em: www.escwa.un.org (acedido em Março de 2010)
15. Decreto-lei n.º 236/98, *Lei da qualidade da água, de 1 de Agosto*
16. Metcalf & Eddy, I.(1991), *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse* 4ª ed. McGraw-Hill, Nova York
17. Simões, C., Rosmaninho I., Henriques, A., *Guia para avaliação de impacte ambiental de estações de tratamento de águas residuais*; 2008, APA.
18. Monteiro, P., (2009), *Apontamentos das aulas de Gestão de sistemas ambientais: tratamento preliminar, primário, biológico e lamas*. Manual não publicado. Universidade do Porto, Porto
19. Cheng, C., (2009) *Apontamentos das aulas: Tratamento anaeróbio*. Manual não publicado. Universidade do Porto, Porto.
20. Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA(2010), *Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de Caminha -Cidade*; n.º L00242/2010
21. Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA (2008), *Caracterização da ETAR de Viana do Castelo - Cidade*;

22. *Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA(2010), Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de Viana do Castelo - ZI; Nº L00241/2010*
23. *Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA (2008), Caracterização da ETAR de Viana do Castelo - ZI;*
24. *Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA(2010), Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de Gelfa; Nº L00243/2010-*
25. *Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA (2008), Caracterização da ETAR de Gelfa;*
26. *Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA (2010), Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de Caminha; Nº L00240/2010*
27. *Documento Interno de Águas do Minho e Lima, SA(2008), Caracterização da ETAR de Caminha;*
28. *ISO 14031:1999, Avaliação do desempenho ambiental*
29. Putnam, D. (2002). *ISO 14031: Environmental Performance Evaluation*, disponível em: www.aipa.org(acedido em Março de 2010)
30. Águas de Portugal (2010), *Manual de indicadores de Sustentabilidade*, ADP Portugal
31. *Decisão da Comissão de 18 de Julho de 2007, nos termos da Directiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho*
32. EDP (2007). *Relatório de Sustentabilidade*. EDP - Energias de Portugal

Referências bibliográficas complementares

Associação Portuguesa do Ambiente (2008). *Relatório do estado do ambiente*, APA Portugal

National Round Table on the Environment and the Economy (2001). *Calculating Eco – efficiency indicators: A Workbook for industry*, NRTEE Canada

United Nations Conference on Trade and Development (2003). *A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators*, UNCTAD, Nova York

Lundini, M. (2002). *Indicators for measuring the sustainability of urban water systems – a life cycle approach*, disponível em: www.switchurbanwater.eu (acedido em Março 2010)

Höh H., Schoer K., Seibel S. (2000). *Eco-efficiency indicators in German Environmental Economic Accountin*, *Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe*, pp. 41-52

Alegre, H., Quadros, S., Rosa, M.J. (2008). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de águas residuais urbanas - Proposta de indicadores de avaliação de desempenho global*. LNEC, Lisboa

ANEXOS

ANEXO 1 – VALORES USADOS NO CÁLCULO DOS INDICADORES DE INFLUÊNCIA AMBIENTAL (TABELA I) E DE VALOR (TABELA II)

Tabela I– Informação usada no cálculo dos indicadores de influencia ambiental

		Viana do Castelo - Cidade		Viana do Castelo - ZI		Gelfa		Caminha	
		2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Efluente tratado (m3)		2.759.216	1.896.433	850253	1041040	797123	1184778	451805	601565
População servida		27.927	27.927	22146	22146	15799	15799	9392	9392
ENERGIA (kWh)	ETAR (kwh/ano)	673.025	1.074.838	352.938	383.833	288.828	461.230	569.569	455.035
	Potencia dos Gerador (kW)	180	180	350	350	180	180	180	180
	Horas de funcionamento dos geradores	0,00	1,08	5,77	0,21	7,16	0,18	2,62	0,00
	Consumo de combustível (l)	60	0	271	0	288	0	162	20
ÁGUA (m³)	Rede pública	6.000	7.129	60	3.056	4.193	524	1.300	185
	Furo	n.d	12.790	n.d	7.245	n.d	5.598	n.d	10.606
	Reutilização de águas residuais	n.d	0	n.d	22.575	n.d	24.922	n.d	3.939
REAGENTES	Polímero (kg)	1.964	3.800	736	1.275	464	1.050	722	975
	Hipoclorito de Sódio (kg)	12.122	0	425	160	11.215	8.204	2.287	2.076
	Cloreto Férrico (kg)	2.314	69.644	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Rifoam (anti-espumante) (kg)	278	1.545	21	73	n.d	0	n.d	n.d
	Argila Benolox 3010 (kg)	n.d	90	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Optibiom(kg)	n.d	n.d	64	n.d	n.d	0	n.d	n.d
	Oxigénio (m3)	n.d	40	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
PERIGOSOS (kg)	Embalagens Contaminadas	184	96	108	30	137	50	100	14
	Desperdícios Contaminados	8	77	9	0	175	136	86	15
	Resíduos de Laboratório	166	4	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Reagentes fora de Uso	16	39	n.d	n.d	92	0	n.d	n.d
	Vidro de Laboratório	6	1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Resíduos de Cal	n.d	n.d	n.d	n.d	34	4	n.d	n.d
	Resíduos de Higiene	n.d	11	v	n.d	n.d	n.d	n.d	11
NÃO PERIGOSOS	Resíduos de pó químico	n.d	n.d	4	n.d	n.d	n.d	n.d	0
	Gradados	116.890	63.820	23.570	15.090	17.760	8.280	8.090	6.160
	Produção total de lamas(kg)	992.360	2.732.000	389.220	552.360	394.440	1.002.080	518700	557.480
	Aterro	116.360	0	389.220	552.360	90.440	58.080	50.700	128.480
	Compostagem	0	168.000	0	n.d	0	96.000	0	0
	Valorização agrícola	876.000	2.564.000	0	n.d	304.000	848.000	468.000	429.000
	Areias (kg)	2.220	30.220	9.280	7.740	22.480	24.240	5.400	5.960
	Papel e Cartão (kg)	n.d	0	n.d	n.d	n.d	12	n.d	n.d
SUBPRODUTOS	Resíduos de Plástico (kg)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	16	n.d	n.d
	Vidro (kg)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	20	n.d	n.d
Gorduras (kg)		320	0	0	0	0	0	0	0

n.d - informação não disponível. A AdML não contabiliza esta informação.

Tabela II- Informação usada no cálculo dos indicadores de valor

	<i>Viana do Castelo VCC</i>		<i>Viana do Castelo-ZI</i>		<i>Gelfa</i>		<i>Caminha</i>	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Proveitos Operacionais(€)	1.005.851	1.069.214	410.567	424.823	374.723	409.985	222.329	251.103
Caudal facturado(m ³)	1.749.515	1.734.407	713.777	690.522	651.270	665.398	386.151	406.755

ANEXO 2 – VALORES USADOS NO CÁLCULO DOS INDICADORES AUXILIARES

Tabela III – Informações usadas na determinação dos indicadores auxiliares

		<i>Viana do Castelo (Cidade)</i>		<i>Viana do Castelo (ZI)</i>		<i>Gelfa</i>		<i>Caminha</i>	
		<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>
SST (mg/L)	Entrada	3510	460	1151	115	1616	153	1795	234
	Saída	337	17	132	10	122	10	242	10
CBO ₅ (mg/L)	Entrada	289	255	99	93	181	171	176	163
	Saída	<24	9	<3	3	<5	3	<5	3
CQO (mg/L)	Entrada	543	530	3103	268	342	343	335	344
	Saída	87	60	39	45	19	19	25	29

Anexo 3- FACTORES DE EMISSÃO DE COMPOSTOS GASOSOS RESULTANTES DA UTILIZAÇÃO DE GASÓLEO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Tabela IV -Factores de emissão do NO_x, SO₂, COVNM e CO₂ para a combustão do gasóleo

<i>Factor de emissão (kg / GJ)</i>	
NO _x	0,8 ^[30]
SO ₂	0,21 ^[30]
COVNM	0,2 ^[30]
CO ₂	74,0 ^[31]

Tabela V– Factor de emissão de CO₂, resultante da energia eléctrica^[32]

<i>Factor de emissão (g/kWh)</i>	
CO ₂	444